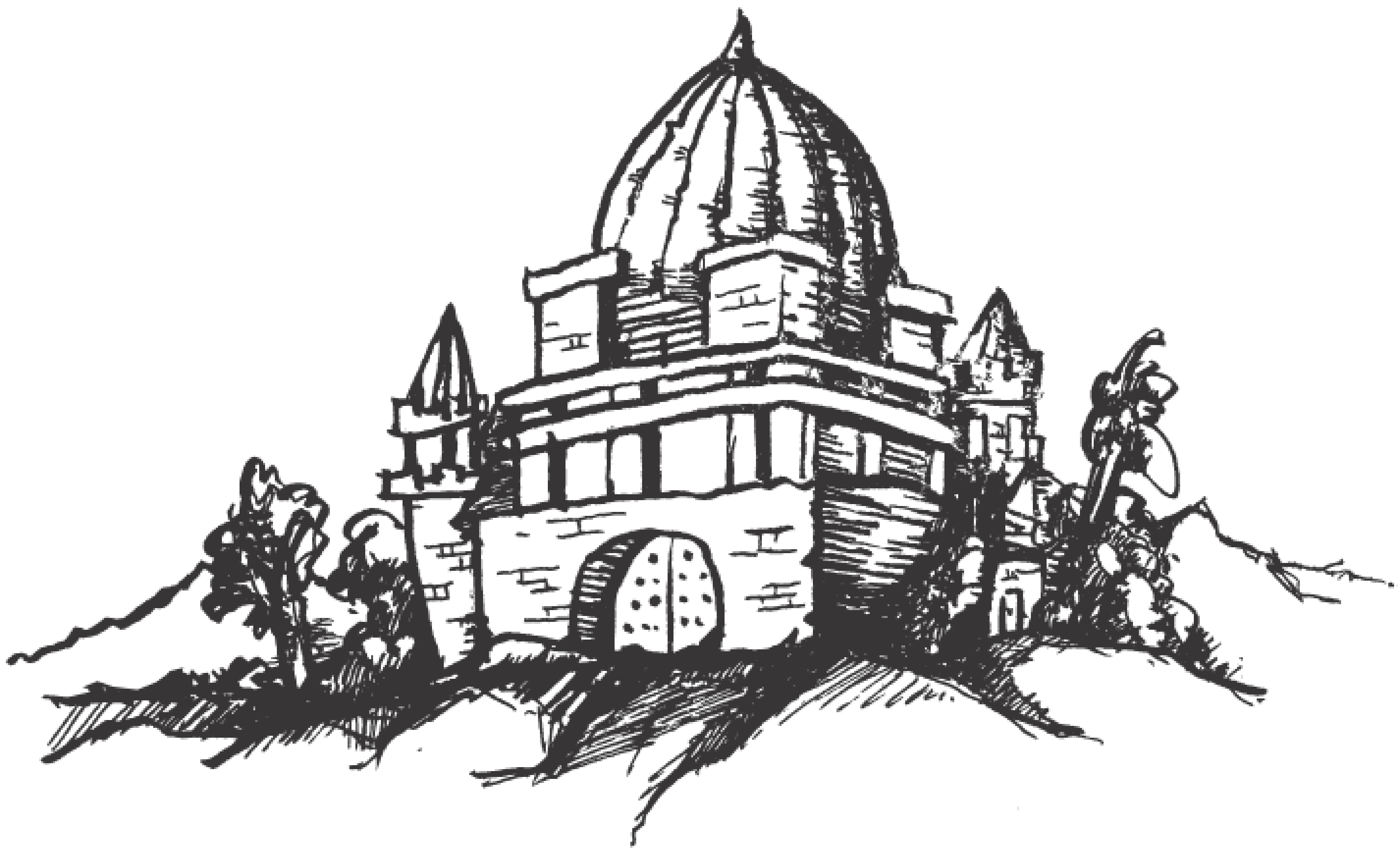
附赠视频教学下载



Spring MVC + MyBatis 快速开发与项目实战

使用Spring 5+Spring MVC 5+MyBatis 3.4.6整合开发

从原理到实践，详解Web轻量级框架SSM整合开发技术

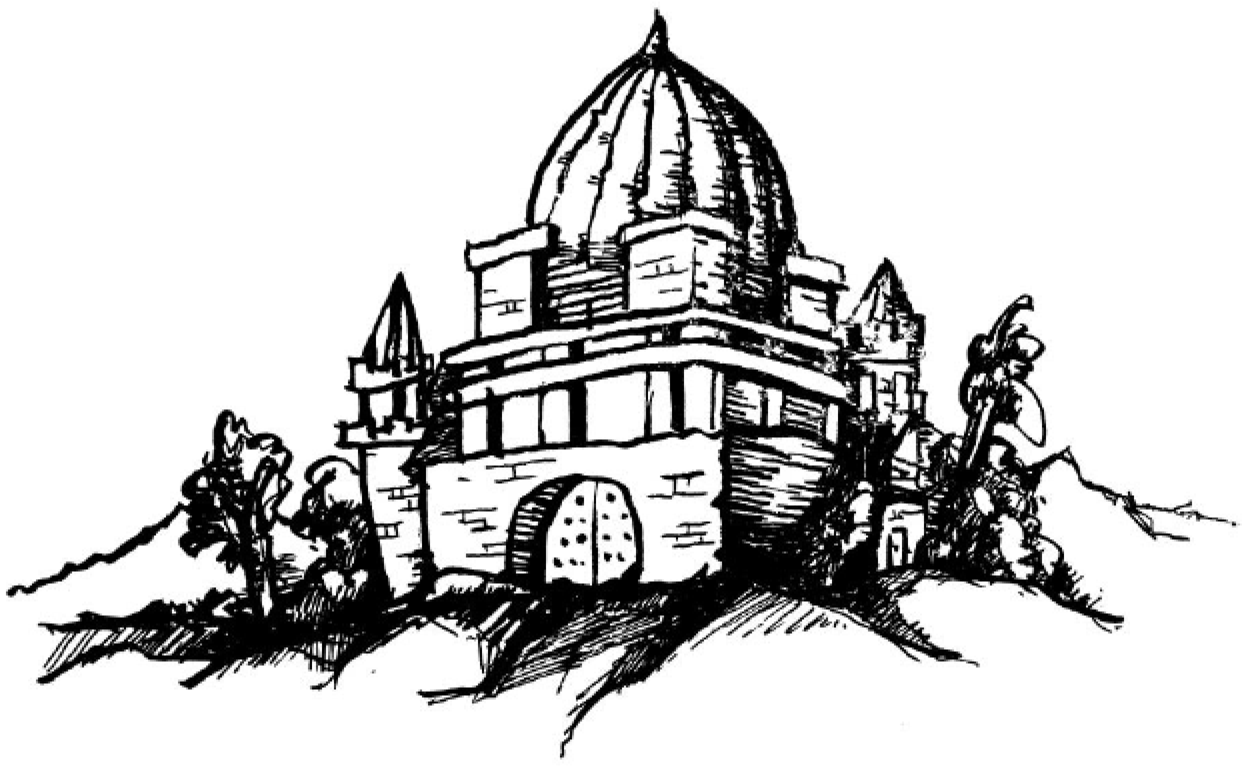
融合Redis缓存、消息中间件MQ等热门技术的高并发点赞项目实践

黄文毅 著

清華大學出版社

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com



Spring MVC + MyBatis 快速开发与项目实战

黄文毅 著

清華大學出版社
北京

内 容 简 介

本书从开发实战出发，以新版 Spring、Spring MVC 和 MyBatis 为基础，结合开发工具 Intellij IDEA，通过完整的项目实例让读者快速掌握 SSM 的开发技能。全书共分 12 章，第 1 章和第 2 章，由零开始，引导读者快速搭建 SSM 框架。第 3 章主要介绍 Spring 框架的 IOC 和 AOP。第 4 章主要介绍 Mybatis 的映射器、动态 SQL、注解配置和关联映射。第 5 章主要介绍 MyBatis 的分页和分页插件 PageHelper。第 6 章主要介绍 Spring MVC 请求映射、参数绑定注解和信息转换详解。第 7 章主要介绍 Spring MVC 数据校验。第 8 章主要介绍 Spring 和 Mybatis 事务管理。第 9 章主要介绍 Mybatis 的一级缓存和二级缓存机制。第 10 章主要介绍 Spring MVC 执行流程、处理映射器和适配器以及视图解析器。第 11 章主要介绍 Mybatis 的整体框架、初始化流程和执行流程。最后一章介绍如何开发一个完整的高并发点赞项目。

本书编者还精心录制了 SSM 框架学习的视频教程，以帮助读者快速掌握本书内容。

本书来自于一线开发人员的编程实践，突出技术的先进性和实用性，适用于所有 Java 编程语言开发人员、SSM 框架开发人员以及广大计算机专业的师生使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。
版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989　13701121933

图书在版编目（CIP）数据

Spring MVC + MyBatis 快速开发与项目实战/黄文毅著. —北京：清华大学出版社，2019
ISBN 978-7-302-51636-1

Ⅰ. ①S… Ⅱ. ①黄… Ⅲ. ①JAVA 语言—程序设计 Ⅳ. ①TP312.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 257342 号

责任编辑：王金柱
封面设计：王　翔
责任校对：闫秀华
责任印制：沈　露

出版发行：清华大学出版社
网　　址：http://www.tup.com.cn，http://www.wqbook.com
地　　址：北京清华大学学研大厦 A 座　　**邮　　编：**100084
社 总 机：010-62770175　　**邮　　购：**010-62786544
投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质 量 反 馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者：北京鑫丰华彩印有限公司
经　　销：全国新华书店
开　　本：180mm×230mm　　**印　　张：**17.25　　**字　　数：**386 千字
版　　次：2019 年 1 月第 1 版　　**印　　次：**2019 年 1 月第 1 次印刷
定　　价：69.00 元

产品编号：079767-01

前　　言

Spring + Spring MVC + MyBatis（简称：SSM 框架）在 Java Web 开发领域中占据着十分重要的地位，一路走来已十余载，作为目前流行的轻量级 J2EE 框架，在保留了经典 Java EE 应用架构高度可扩展性和高度可维护性的基础上，降低了 Java EE 应用的技术和部署成本，对于大部分企业应用是第一首选。因此掌握并学会使用 SSM 框架进行项目开发，成为 Java Web 开发人员必备技能之一。

与同类书相比,本书的主要特色是，内容来自于一线互联网公司的工程实践，着重展现新版本 Spring 5+Spring MVC 5+MyBatis 3.4.6 核心技术的原理剖析与各种热点技术的整合应用与项目实践,帮助读者通过完整的项目实例了解和学习 SSM 框架,又好又快地掌握 SSM 的开发技能。

本书结构

本书共 12 章，第 1 章至第 9 章主要是 SSM 框架基础知识篇，第 10 章和第 11 章主要是 Spring MCV 和 MyBatis 内部原理篇，最后一章为项目实战篇。以下是各章的内容概要：

第 1 章主要介绍开始学习 Spring MVC 和 MyBatis 之前的环境准备，包括 JDK 安装、Intellij IDEA 安装、Tomcat 安装和配置、Maven 安装以及 MySQL 数据库安装等。

第 2 章主要对 Spring、Spring MVC、MyBatis 进行简单概述以及如何一步一步快速搭建第一个 SSM 项目。

第 3 章主要回顾了 Spring 的基础知识 IOC 和 AOP、IOC 和 AOP 背后的实现原理以及设计模式。这些设计模式包括单例模式、简单工厂模式、工厂方法模式、动态代理模式等。

第 4 章主要介绍 MyBatis 常用的映射器元素、动态 SQL 元素、MyBatis 注解配置和关联映射。

第 5 章主要介绍 MyBatis 提供的 RowBounds 分页的使用和原理，以及分页插件 PageHelper 的使用和原理。

第 6 章主要介绍 Spring MVC 常用注解,包括请求映射注解和参数绑定注解、Spring MVC 信息转换原理。

第 7 章主要介绍 Spring 的 Validation 校验框架、JSR 303 校验以及常用的注解。

第 8 章主要介绍 Spring 事务管理，包括 Spring 声明式事务和 Spring 注解事务行为，MyBatis 事务管理。

第 9 章主要介绍 MyBatis 缓存机制，包括一级缓存和二级缓存以及一级缓存和二级缓存的使用及原理。

第 10 章主要介绍 Spring MVC 执行流程的原理剖析、前端控制器 DispatcherServlet 原理、处理映射器和适配器原理、视图解析器原理等。

第 11 章主要介绍 MyBatis 的整体框架、MyBatis 初始化流程及原理、MyBatis 执行流程及原理等。

第 12 章主要介绍高并发项目的常规解决方案，Redis 缓存和消息中间件 MQ 的安装和使用以及如何一步一步实现高并发点赞项目。

学习本书的预备知识

Java 基础

读者需要掌握 J2SE 基础知识，这是最基本的也是最重要的。

Java Web 开发技术

在项目实战中需要用到 Java Web 的相关技术，比如 HTML、Tomcat 等技术。

数据库基础

读者需要掌握主流数据库基本知识，比如 MySQL，同时掌握基本的 SQL 语法以及常用数据库的安装。

本书使用的软件版本

本书项目实战开发环境为：

- 操作系统 Windows 10
- 开发工具 Intellij IDEA 2018.1
- JDK 使用 1.8 版本
- Tomcat 使用 1.8 版本
- Spring 最新版 5.0.4.RELEASE
- Spring MVC 最新版 5.0.4.RELEASE
- MyBatis 最新版 3.4.6

读者对象

本书适合所有 Java 编程语言开发人员，所有对 Spring + Spring MVC + MyBatis 感兴趣

并希望使用 SSM 框架进行开发的人员，缺少 SSM 框架项目实战经验以及对 SSM 框架内部原理感兴趣的开发人员。

源代码与视频教学下载

GitHub 源代码下载地址：

git@github.com:huangwenyi10/springmvc-mybatis-book.git

扫描下面的二维码，下载视频教学：

如果下载有问题，可发送电子邮件至 booksaga@126.com 获得帮助，邮件标题为“Spring MVC + MyBatis 快速开发与项目实战下载资源”。

勘误与交流

限于笔者水平和写作时间有限，欢迎大家通过电子邮件等方式批评指正。

笔者的邮箱：huangwenyi10@163.com

笔者的博客：http://blog.csdn.net/huangwenyi1010

致谢

本书能够顺利出版，首先要感谢清华大学出版社王金柱编辑给笔者一次和大家分享技术、交流学习的机会，感谢王金柱编辑在本书出版过程的辛勤付出。

感谢厦门美图之家科技有限公司，书中很多的知识点和项目实战经验都来源于贵公司，感谢主管黄及峰、导师阮龙生和吴超群，同事林智泓、张汉铮、邱宗铭、尹权韬，项目管理王睿等在学习和生活上对笔者的照顾。

感谢笔者的家人，他们对笔者生活的照顾使得笔者没有后顾之忧，全身心投入到本书的写作当中。

编者

2018 年 8 月

目　　录

第 1 章　开发环境准备……1
1.1　JDK 安装……1
1.2　Intellij IDEA 安装……3
1.3　Tomcat 的安装与配置……4
1.3.1　Tomcat 的下载……4
1.3.2　Intellij IDEA 配置 Tomcat……4
1.4　Maven 的安装和配置……6
1.5　MySQL 数据库的安装……8
1.5.1　MySQL 的安装……8
1.5.2　Navicat for MySQL 客户端安装与使用……9
第 2 章　快速搭建第一个 SSM 项目……10
2.1　SSM 简述……10
2.1.1　Spring 简述……10
2.1.2　Spring MVC 简述……12
2.1.3　MyBatis 简述……12
2.2　快速搭建 SSM 项目……13
2.2.1　快速搭建 Web 项目……13
2.2.2　集成 Spring……16
2.2.3　集成 Spring MVC 框架……21
2.2.4　集成 MyBatis 框架……27
2.2.5　集成 Log4j 日志框架……34
2.2.6　集成 JUnit 测试框架……38
第 3 章　Spring 快速上手……40
3.1　Spring IOC 和 DI……40
3.1.1　Spring IOC 和 DI 概述……40
3.1.2　单例模式……42
3.1.3　Spring 单例模式源码解析……48
3.1.4　简单工厂模式详解……51
3.1.5　工厂方法模式详解……55
3.1.6　Spring Bean 工厂类详解……59
3.2　Spring AOP……61
3.2.1　Spring AOP 概述……61
3.2.2　Spring AOP 核心概念……61
3.2.3　JDK 动态代理实现日志框架……63
3.2.4　Spring AOP 实现日志框架……68
3.2.5　静态代理与动态代理模式……70
第 4 章　MyBatis 映射器与动态 SQL……74
4.1　MyBatis 映射器……74

4.1.1 映射器的主要元素 74
4.1.2 select 元素 75
4.1.3 insert 元素 77
4.1.4 selectKey 元素 77
4.1.5 update 元素 78
4.1.6 delete 元素 79
4.1.7 sql 元素 80
4.1.8 #与$区别 81
4.1.9 resultMap 结果映射集 81
4.2 动态 SQL 83
4.2.1 动态 SQL 概述 83
4.2.2 if 元素 83
4.2.3 choose、when、otherwise 元素 84
4.2.4 trim、where、set 元素 86
4.2.5 foreach 元素 88
4.2.6 bind 元素 89
4.3 MyBatis 注解配置 90
4.3.1 MyBatis 常用注解 90
4.3.2 @Select 注解 91
4.3.3 @Insert、@Update、@Delete 注解 91
4.3.4 @Param 注解 92
4.4 MyBatis 关联映射 94
4.4.1 关联映射概述 94
4.4.2 一对一 94
4.4.3 一对多 97
4.4.4 多对多 101
第 5 章 MyBatis 分页开发 106
5.1 RowBounds 分页 106
5.1.1 分页概述 106
5.1.2 RowBounds 分页 107
5.1.3 RowBounds 分页使用 108
5.1.4 RowBounds 分页原理 109
5.2 分页插件 PageHelper 111
5.2.1 PageHelper 概述 111
5.2.2 PageHelper 使用 111
第 6 章 Spring MVC 常用注解 114
6.1 请求映射注解 114
6.1.1 @Controller 注解 114
6.1.2 @RequestMapping 注解 116
6.1.3 @GetMapping 和@PostMapping 注解 120
6.1.4 Model 和 ModelMap 121
6.1.5 ModelAndView 122
6.1.6 请求方法可出现参数和可返回类型 123

6.2 参数绑定注解 125
6.2.1 @RequstParam 注解 125
6.2.2 @PathVariable 注解 126
6.2.3 @RequestHeader 注解 127
6.2.4 @CookieValue 注解 128
6.2.5 @ModelAttribute 注解 129
6.2.6 @SessionAttribute 和@SessionAttributes 注解 134
6.2.7 @ResponseBody 和@RequestBody 注解 136
6.3 信息转换详解 138
6.3.1 HttpMessageConverter<T> 138
6.3.2 RequestMappingHandlerAdapter 140
6.3.3 自定义 HttpMessageConverter 141
第 7 章 Spring 数据校验 142
7.1 数据校验概述 142
7.2 Spring 的 Validation 校验框架 143
7.3 JSR 303 校验 147
第 8 章 Spring 和 MyBatis 事务管理 152
8.1 Spring 事务管理 152
8.1.1 Spring 事务回顾 152
8.1.2 Spring 声明式事务 153
8.1.3 Spring 注解事务行为 153
8.2 MyBatis 事务管理 155
第 9 章 MyBatis 缓存机制 160
9.1 MyBatis 的缓存模式 160
9.2 一级查询缓存 161
9.2.1 一级缓存概述 161
9.2.2 一级缓存示例 161
9.2.3 一级缓存生命周期 164
9.3 二级查询缓存 165
9.3.1 二级缓存概述 165
9.3.2 二级缓存示例 166
9.3.3 cache-ref 共享缓存 168
9.4 MyBatis 缓存原理 170
9.4.1 MyBatis 缓存的工作原理 170
9.4.2 装饰器模式 171
9.4.3 Cache 接口及其实现 173
第 10 章 Spring MVC 原理剖析 176
10.1 Spring MVC 执行流程 176
10.1.1 Spring MVC 执行流程 176
10.1.2 前端控制器 DispatcherServlet 178
10.2 处理映射器和适配器 182
10.2.1 处理映射器 182

10.2.2 处理适配器 183
10.3 视图解析器 195
10.3.1 概述 195
10.3.2 视图解析流程 195
10.3.3 常用视图解析器 195
10.3.4 ViewResolver 链 201
第 11 章 MyBatis 原理剖析 203
11.1 MyBatis 整体框架 203
11.1.1 概述 203
11.1.2 接口层 203
11.1.3 核心处理层 206
11.1.4 基础支撑层 207
11.2 MyBatis 初始化流程 208
11.3 MyBatis 执行流程 211
第 12 章 高并发点赞项目实践 215
12.1 高并发点赞项目 215
12.1.1 项目概述 215
12.1.2 数据库表和持久化类 216
12.1.3 DAO 层和 Mapper 映射文件 220
12.1.4 Service 层和 DTO 类 223
12.1.5 Controller 层和前端页面 227
12.1.6 测试 229
12.2 传统点赞功能实现 229
12.2.1 概述 229
12.2.2 代码实现 231
12.2.3 测试 235
12.3 集成 Redis 缓存 235
12.3.1 概述 235
12.3.2 Redis 安装和使用 236
12.3.3 集成 Redis 缓存 243
12.3.4 设计 Redis 数据结构 246
12.3.5 代码实现 247
12.3.6 集成 Quartz 定时器 251
12.3.7 测试 255
12.4 集成 ActiveMQ 255
12.4.1 概述 255
12.4.2 ActiveMQ 的安装 256
12.4.3 集成 ActiveMQ 258
12.4.4 ActiveMQ 异步消费 261
12.4.5 测试 264
参考文献 265

第 1 章 开发环境准备

本章主要介绍 Spring MVC 和 MyBatis 的环境准备，包括 JDK 安装、Intellij IDEA 安装、Tomcat 安装和配置、Maven 安装以及 MySQL 数据库安装等内容。

1.1 JDK 安装

JDK（全称：Java Development Kit）是 Java 语言的软件开发工具包，由 SUN 公司提供。JDK 是整个 Java 开发的核心，它包含了 Java 的运行环境（JVM + Java 系统类库）和 Java 工具，所有 Java 程序的编写都依赖于它。

下面介绍 JDK 的安装。

JDK 建议使用 1.8 及以上的版本，其官方下载路径：http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/jdk8-downloads-2133151.html。读者可以根据自己的 Windows 操作系统的配置选择合适的 JDK 1.8 安装包，这里就不过多描述。

软件下载完成之后，双击下载软件，出现安装界面，如图 1-1 所示。一路单击【下一步】按钮，即可完成安装。这里笔者把 JDK 安装在路径 C:\Program Files\Java\jdk1.8.0_77 下。

安装完成后，需要配置环境变量 JAVA_HOME，具体步骤如下：

步骤 01 在电脑桌面上，右击【我的电脑】→【属性】→【高级系统设置】→【环境变量】→【系统变量(S)】→【新建】，出现新建环境变量的窗口，如图 1-2 所示。

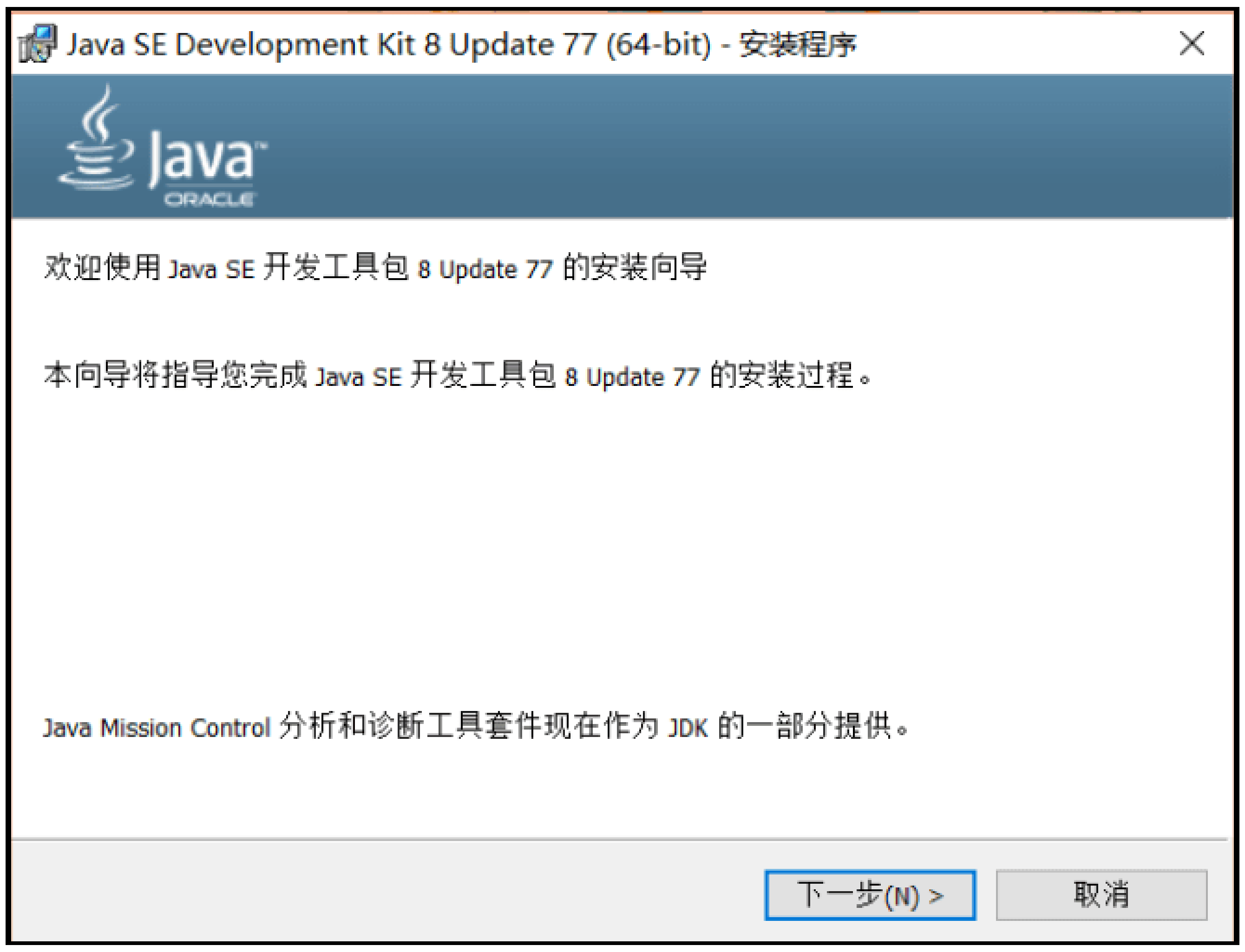


图 1-1　JDK 安装界面

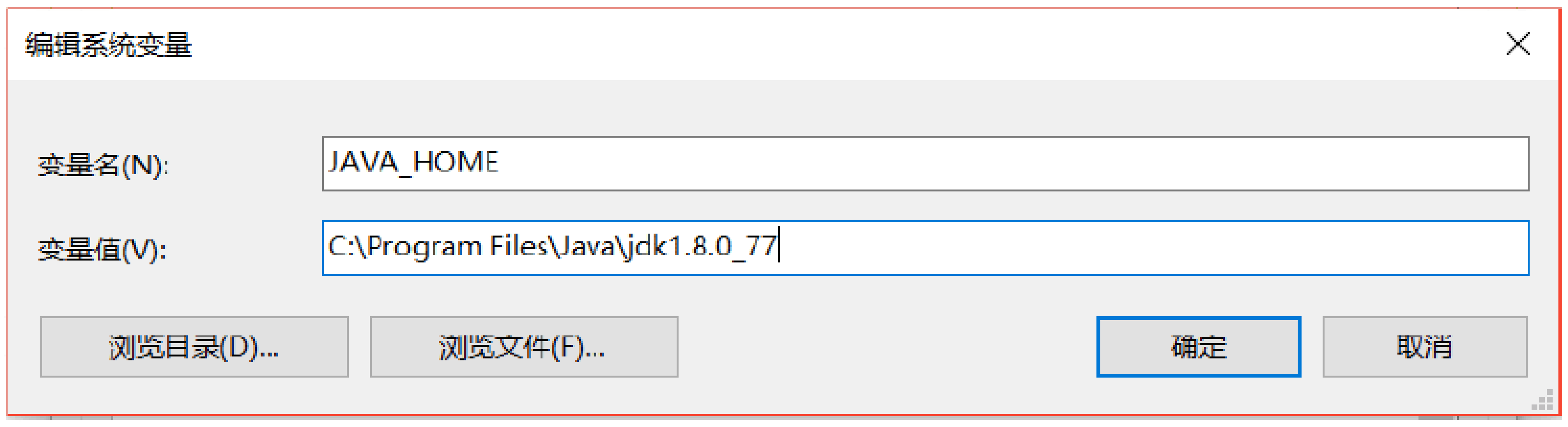


图 1-2　新建环境变量窗口

步骤 02　在【变量名】和【变量值】文本框中分别填入 JAVA_HOME 和 C:\Program Files\Java\jdk1.8.0_77，单击【确定】按钮。

步骤 03　JAVA_HOME 配置好之后，将%JAVA_HOME%\bin 加入到【系统变量】的 path 中。配置完成之后，打开命令行窗口，输入命令 java -version。出现如图 1-3 所示的提示，即表示安装成功。

图 1-3　安装成功命令行窗口

注　意　JDK 安装路径最好不要出现中文，否则会出现意想不到的错误。

1.2 Intellij IDEA 安装

IDEA 全称 Intellij IDEA，是 Java 语言开发的集成环境，Intellij 在业界被公认为最好的 Java 开发工具之一，尤其在智能代码助手、代码自动提示、重构、J2EE 支持、各类版本工具（Git、Svn、Github 等）、JUnit、CVS 整合、代码分析、创新的 GUI 设计等方面的功能可以说是超常的。IDEA 是 JetBrains 公司的产品，这家公司总部位于捷克共和国的首都布拉格，开发人员以严谨著称的东欧程序员为主。它的旗舰版本还支持 HTML、CSS、PHP、MySQL、Python 等。免费版只支持 Java 等少数语言。

注意 如果你还在使用 Eclipse 或者 MyEclipse 等开发工具进行代码开发，强烈建议读者切换到 Intellij IDEA 开发工具。目前所有大型的互联网公司，比如百度、腾讯、阿里、美团等，都是使用 Intellij IDEA 进行项目开发的，IDEA 是目前的主流开发工具，会极大地提高你的开发效率。

在 Intellij IDEA 的官方网站 http://www.jetbrains.com/idea/可以免费下载 IDEA。下载完 IDEA 后，运行安装程序，按提示安装即可。本书使用 Intellij IDEA 2016.2 版本，当然读者也可以使用其他版本的 IDEA，只要版本不要过低即可。安装成功之后，软件界面如图 1-4 所示。

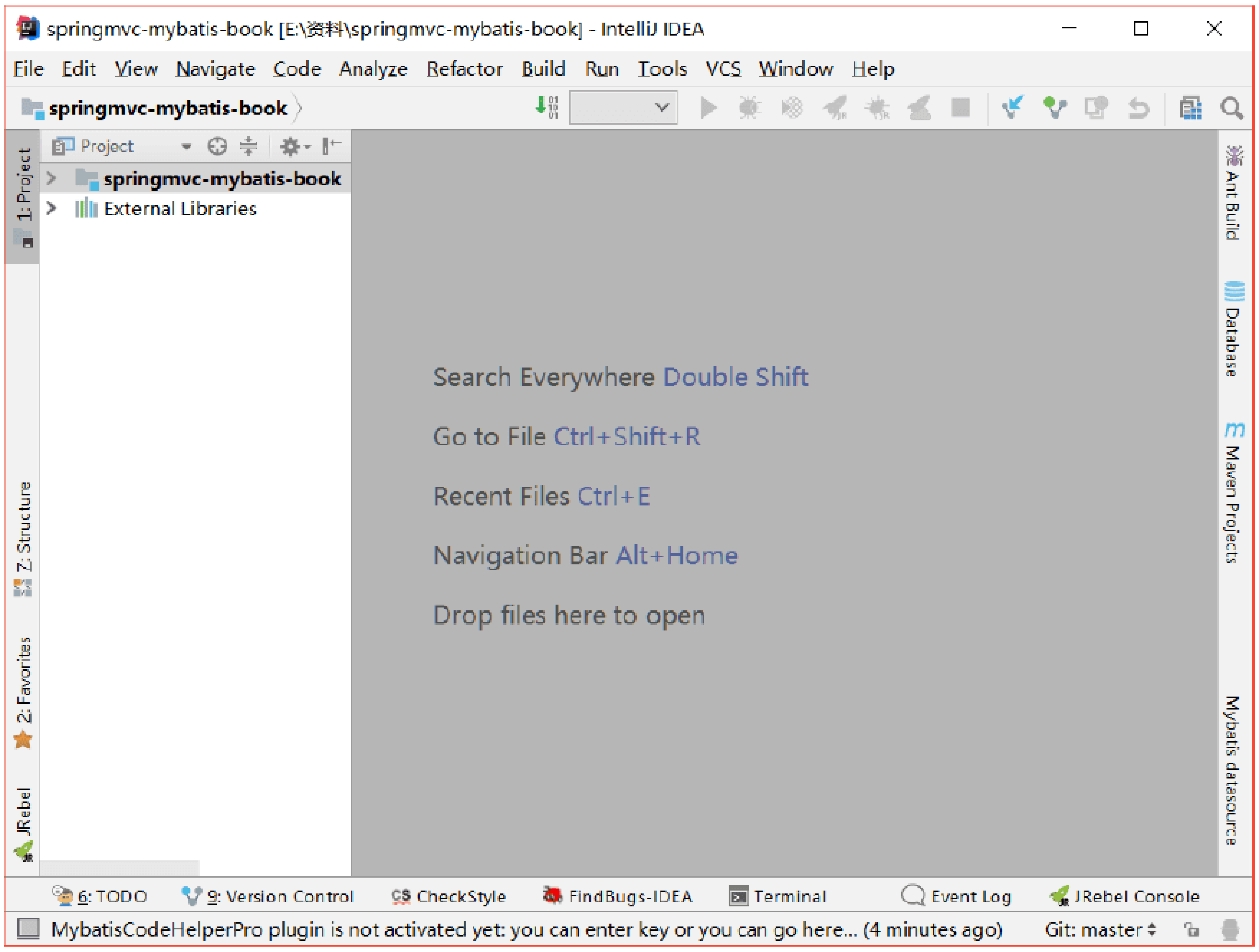


图 1-4 Intellij IDEA 软件窗口

1.3 Tomcat 的安装与配置

Tomcat 服务器是一个免费的开放源代码的 Web 应用服务器，属于轻量级应用服务器。因为 Tomcat 技术先进、性能稳定，而且免费，因而深受 Java 爱好者的喜爱并得到了部分软件开发商的认可，成为目前比较流行的 Web 应用服务器。

1.3.1 Tomcat 的下载

本书使用 Tomcat 8.0 进行讲解，可到官网 https://tomcat.apache.org/download-80.cgi 进行下载，下载完成之后解压到 D 盘，并将解压后的文件夹命名为 tomcat8。具体如图 1-5 所示。

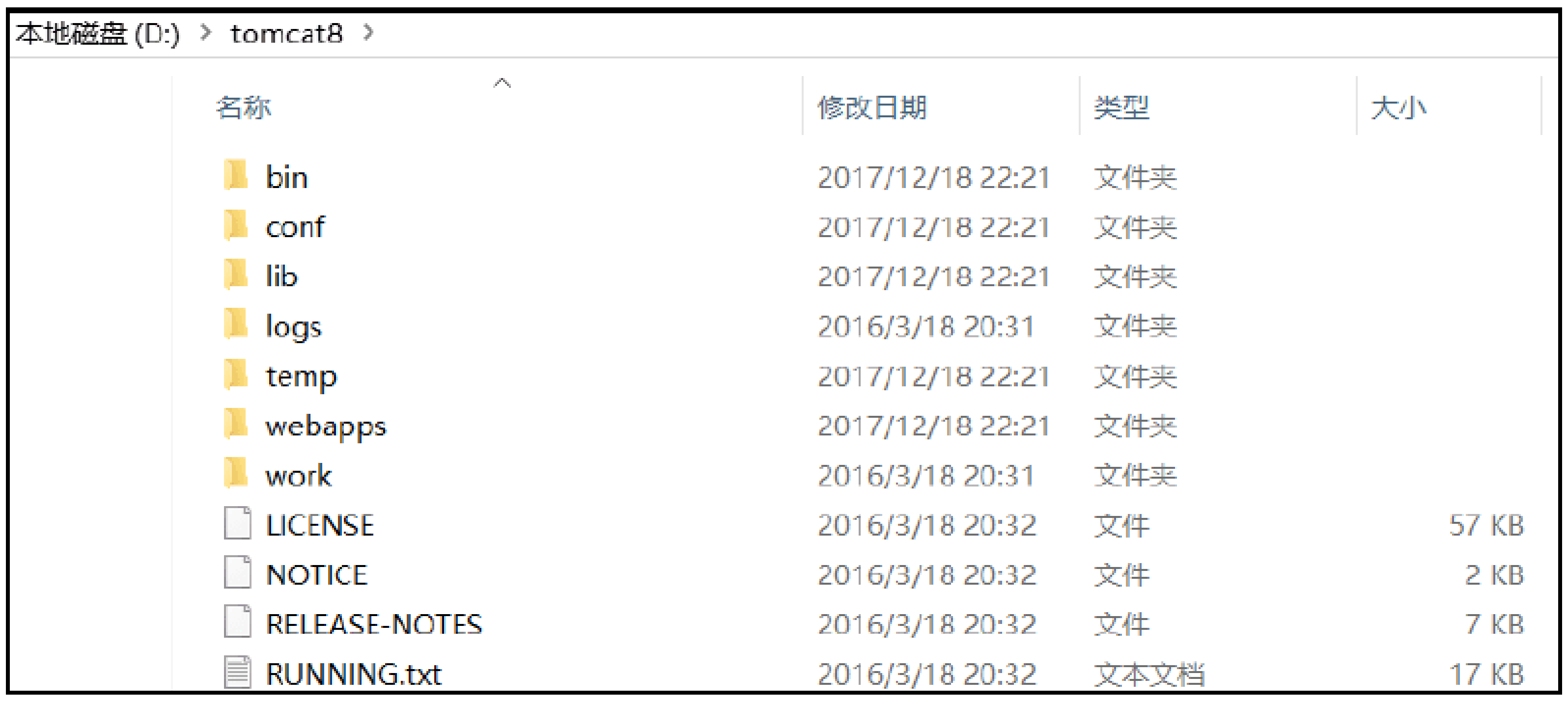


图 1-5 Tomcat 解压目录

1.3.2 Intellij IDEA 配置 Tomcat

在 Intellij IDEA 中配置 Tomcat，具体步骤如下：

步骤01 在 IDEA 开发菜单栏中，选择【run】→【Edit Configurations】，在弹出的窗口中选择【Defaults】→【Tomcat Server】→【Local】，在【Application server】中选择 Tomcat 的安装路径，在【JRE】中选择 JDK 的安装路径，最后单击【Apply】→【OK】确认，具体如图 1-6 所示。

步骤02 步骤一只是配置一个 Defaults 默认 Tomcat 模板，现在我们单击【+】加号按钮→【Tomcat Server】→【Local】，在弹出的界面中输入 Name 为 tomcat8，其他信息会从默认模板中获取到，具体如图 1-7 和图 1-8 所示。

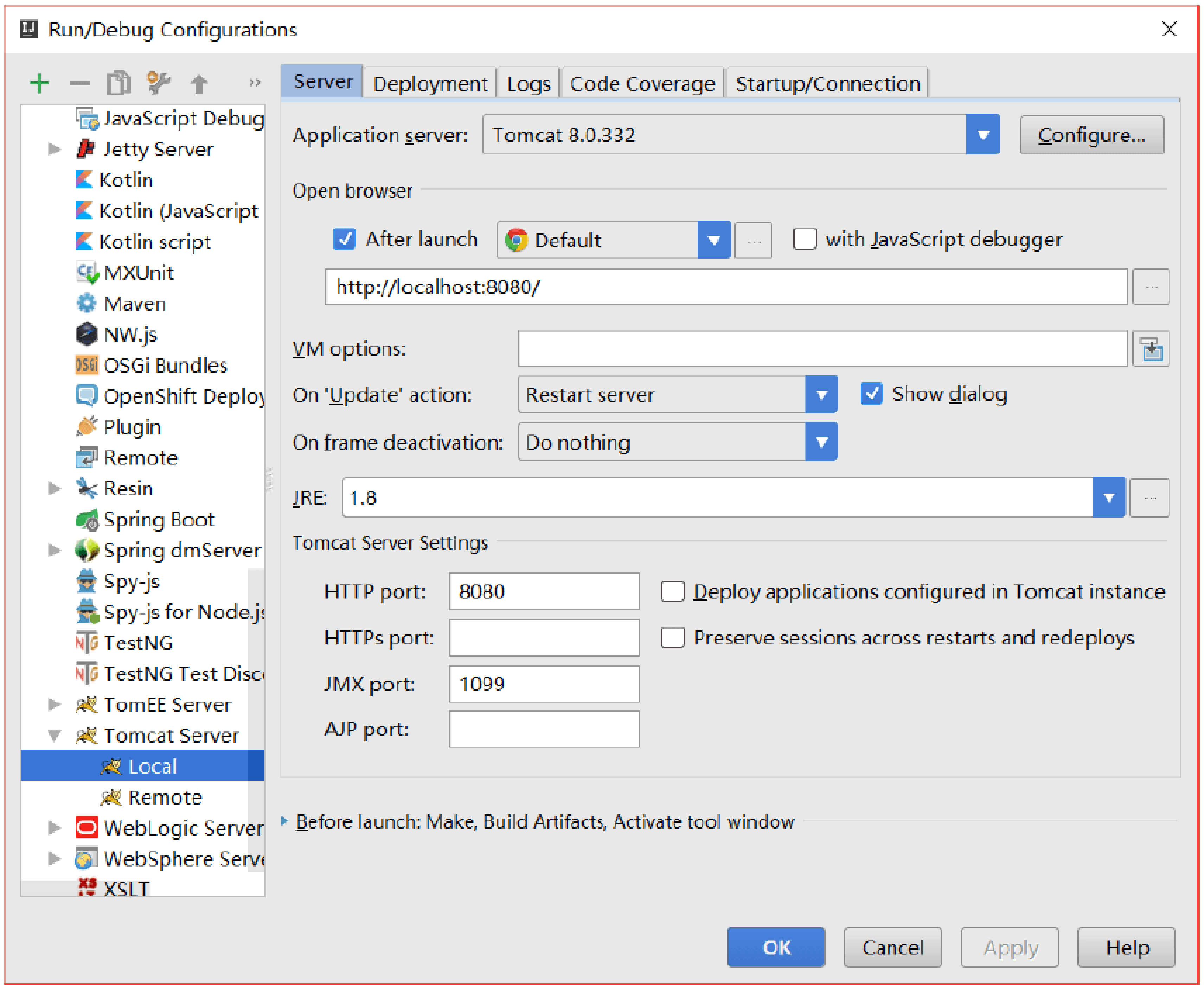


图 1-6　Tomcat 配置

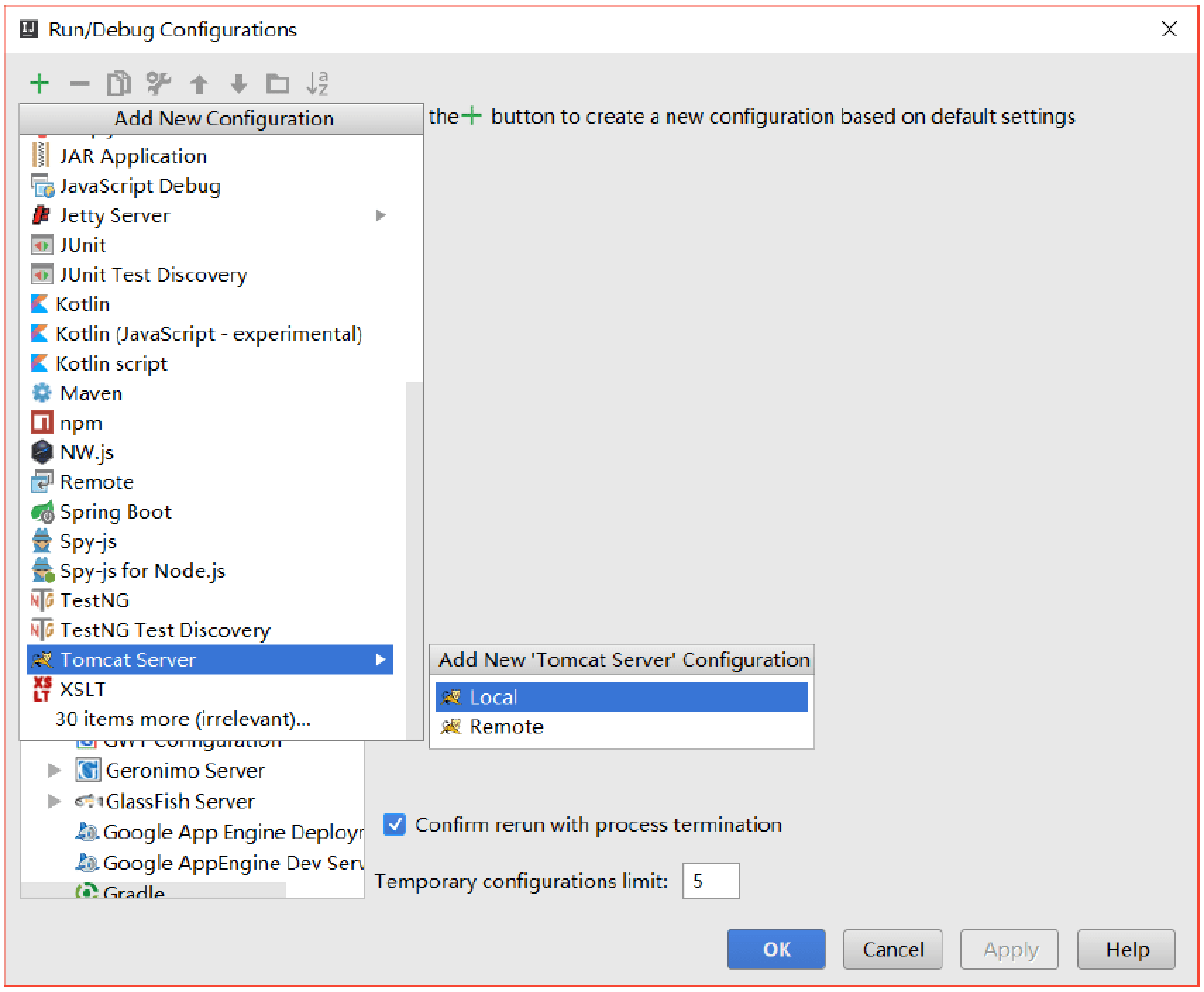


图 1-7　创建 tomcat 配置

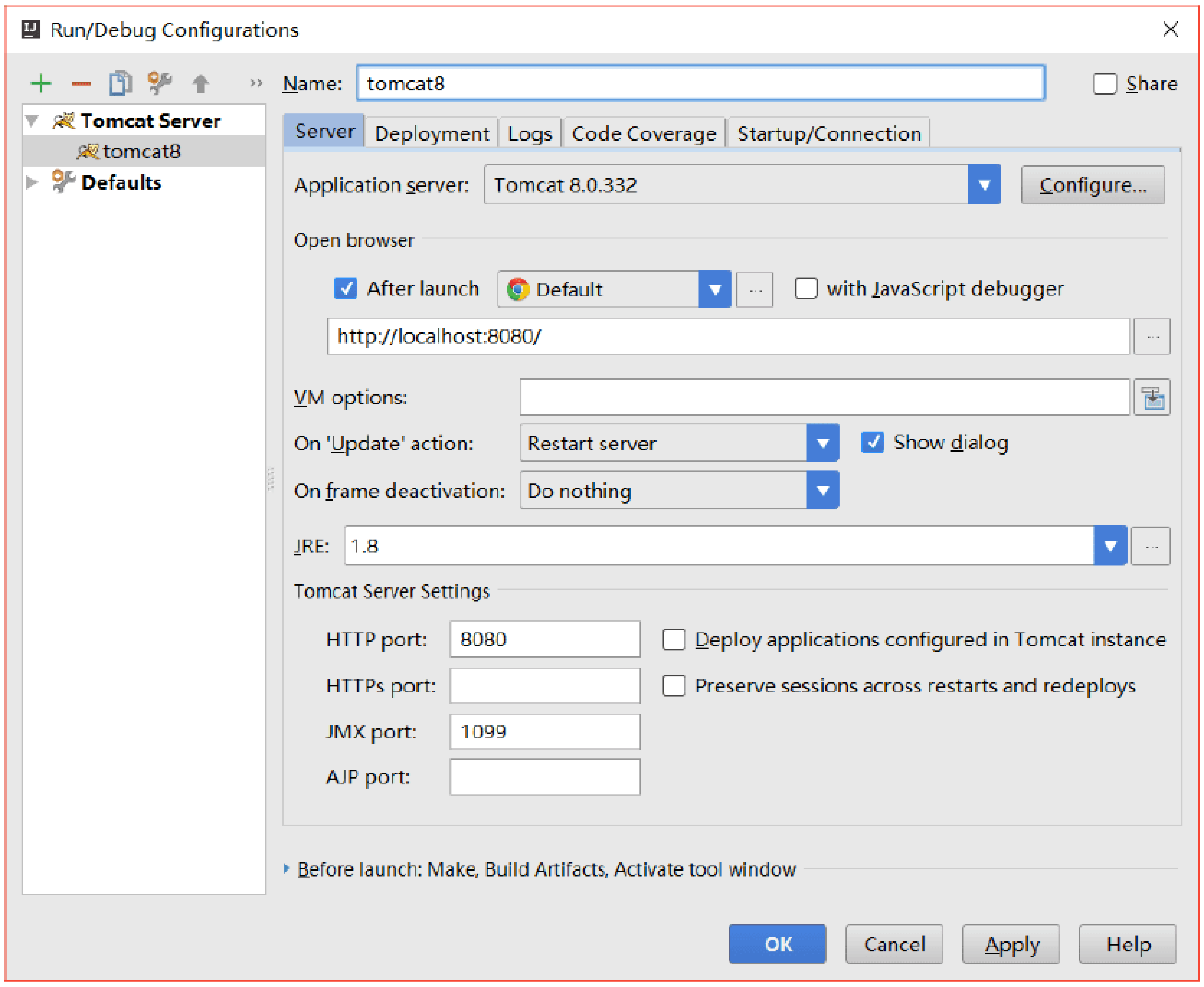


图 1-8 修改 tomcat 名称

步骤 03 在图 1-8 中，单击【Apply】→【OK】。至此，Intellij IDEA 配置 Tomcat 大功告成。

1.4 Maven 的安装和配置

Apache Maven 是目前流行的项目管理和构建自动化工具。Maven 项目对象模型（POM），可以通过一小段描述信息来管理项目的构建、报告和文档的软件项目管理工具。Maven 除了以程序构建能力为特色之外，还提供高级项目管理工具。由于 Maven 的默认构建规则有较高的可重用性，所以常常用两三行 Maven 脚本就可以构建简单的项目。

下面介绍 Maven 的安装和配置。

虽然 Intellij IDEA 已经包含了 Maven 插件，但是笔者还是希望读者在工作中能够安装自己的 Maven 插件，方便以后项目配置需要。可以通过 Maven 的官网 http://maven.apache.org/download.cgi 下载最新版的 Maven，本书的 Maven 版本为 apache-maven-3.5.0。

Maven 下载完后解压缩即可。例如，解压到 D：盘上，然后将 Maven 的安装路径 D:\apache-maven-3.5.0\bin 加入到 Window 的环境变量 path 中。安装完成后，在命令行窗口执行命令：mvn -v，如果输出如图 1-9 所示的页面，表示 Maven 安装成功。

图 1-9　Maven 安装成功命令行窗口

接下来，我们在 Intellij IDEA 下配置 Maven，具体步骤如下：

步骤 01　在 Maven 安装目录，即 D:\apache-maven-3.5.0 下新建文件夹 repository，用来作为本地仓库。

步骤 02　在 Intellij IDEA 界面中，选择【File】→【Settings】，在出现的窗口中找到 Maven 选项，分别把【Maven home directory】、【User settings file】、【Local repository】，设置为我们自己 Maven 的相关目录，如图 1-10 所示。

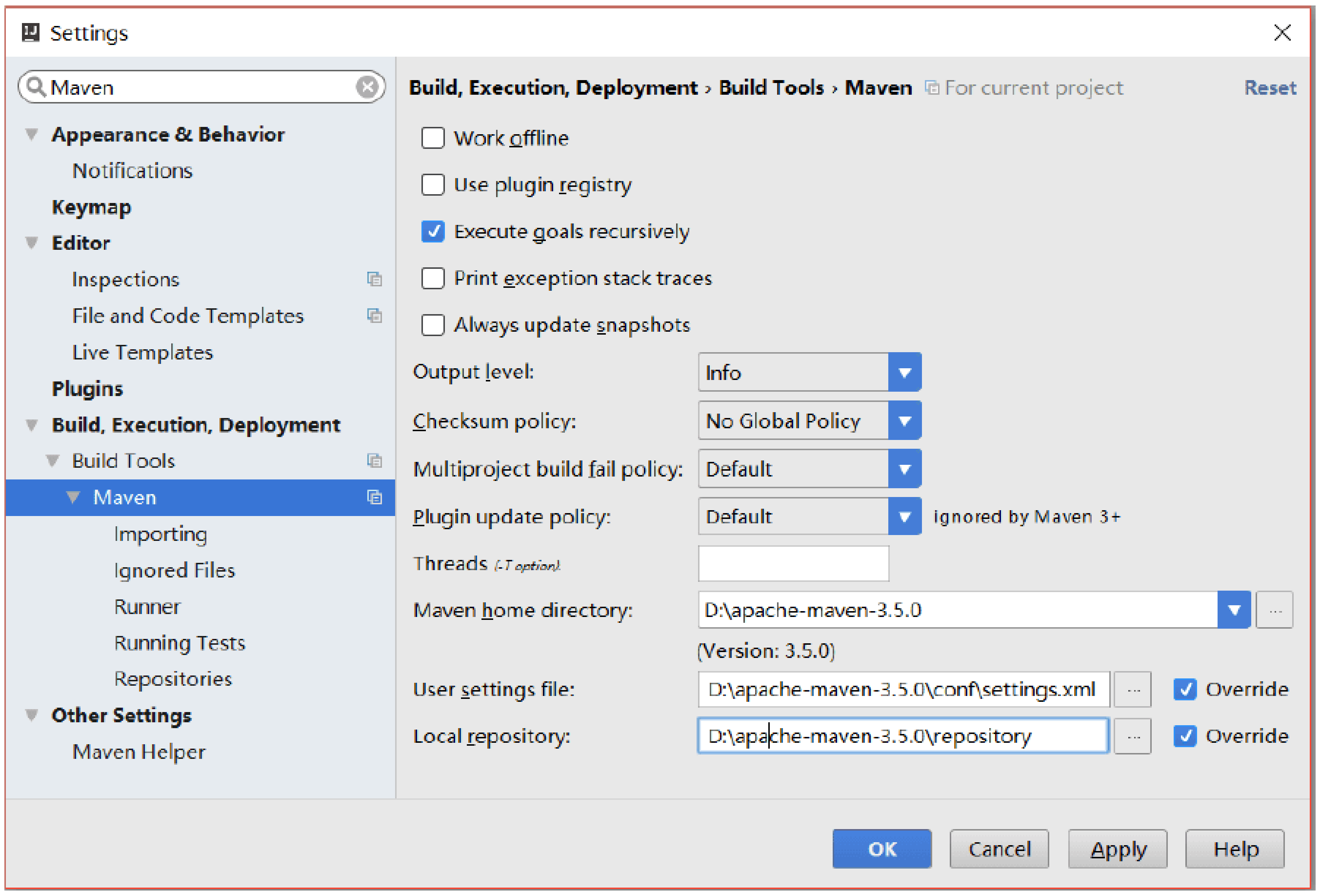


图 1-10　Maven 设置窗口

步骤 03　设置完成后，单击【Apply】→【OK】。至此，Maven 在 Intellij IDEA 的配置完成。

注 意　之所以把 Maven 默认仓库（C:\${user.home}\.m2\respository）的路径改为我们自己的目录（D:\apache-maven-3.5.0\repository），是因为 respository 仓库到时候会存放很多的 jar 包，放在 C 盘影响电脑的性能，所以才会修改默认仓库的位置。

1.5 MySQL 数据库的安装

MySQL 是目前项目中运用广泛的关系型数据库，无论在什么样的公司，都运用甚广。MySQL 所使用的 SQL 语言是用于访问数据库的最常用的标准化语言。MySQL 软件由于体积小、速度快、总体拥有成本低，尤其是开发源码这一特点，一般中小型网站的开发都选择 MySQL 作为网站数据库。

1.5.1 MySQL 的安装

MySQL 的安装很简单，安装方式也有多种。读者可以到 MySQL 的官网 https://dev.mysql.com/downloads/mysql/下载 MySQL 安装软件，并按照提示一步一步安装即可。如果你的电脑已经安装了 MySQL，可略过此节。本书使用的 MySQL 版本为 5.7.17。

安装完成之后，需要检验 MySQL 安装是否成功。具体步骤如下：

步骤 01 打开命令行窗口，进入 MySQL 安装目录，笔者的 MySQL 安装目录是 C:\Program Files\MySQL\MySQL Server 5.7\bin。

步骤 02 在命令行窗口中输入命令 mysql -uroot -p 和密码登陆 MySQL，然后再输入命令 status 出现如图 1-11 所示信息，表示安装成功。

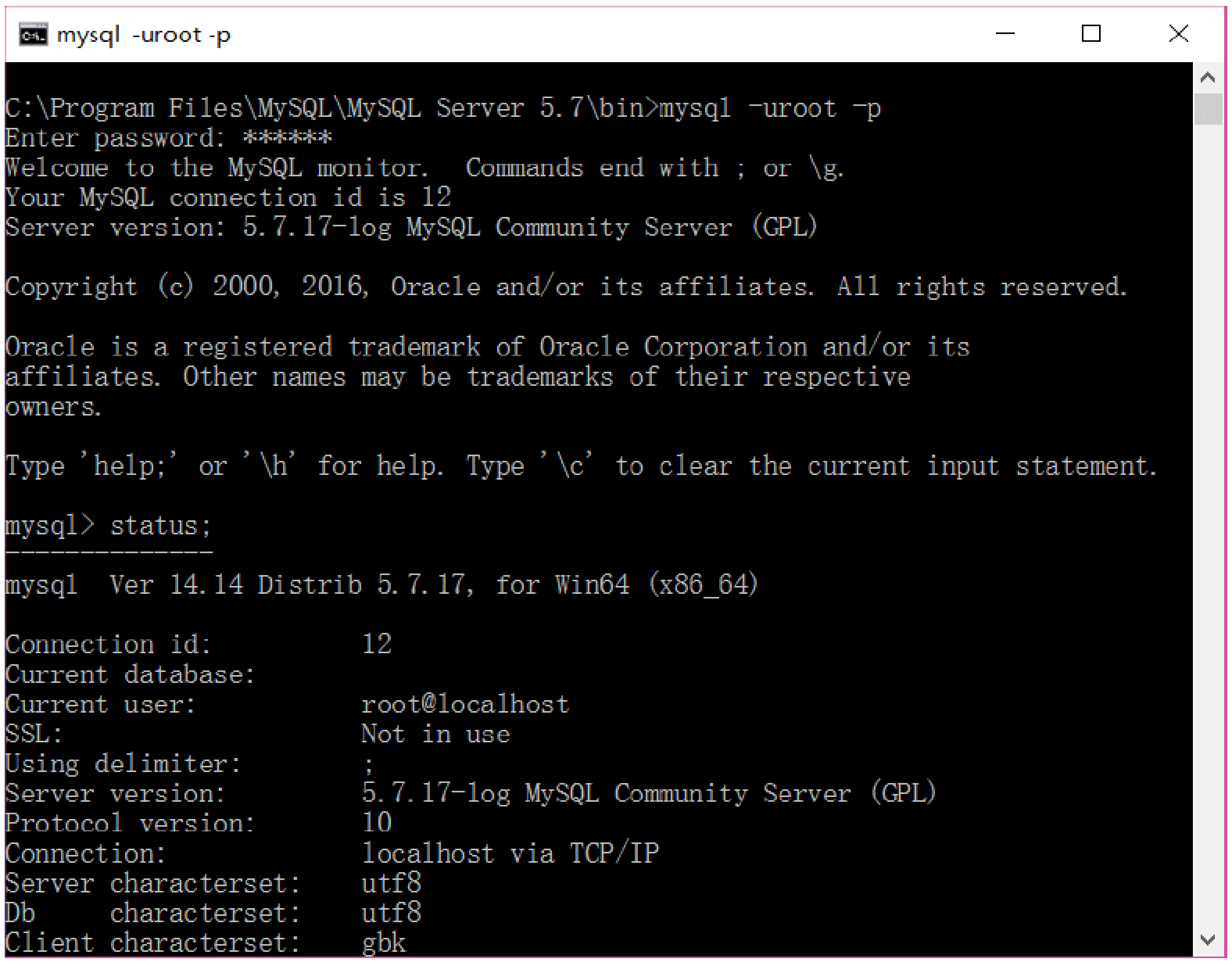


图 1-11 MySQL 安装状态

1.5.2　Navicat for MySQL 客户端安装与使用

Navicat for MySQL 是连接 MySQL 数据库的客户端工具，通过使用该客户端工具，方便我们对数据库进行操作，比如创建数据库表、添加数据等。如果读者已经安装了其他的 MySQL 客户端，可以略过本节。

Navicat for MySQL 的安装也非常简单，可以到网上下载安装即可。安装完成之后，打开软件，如图 1-12 所示。

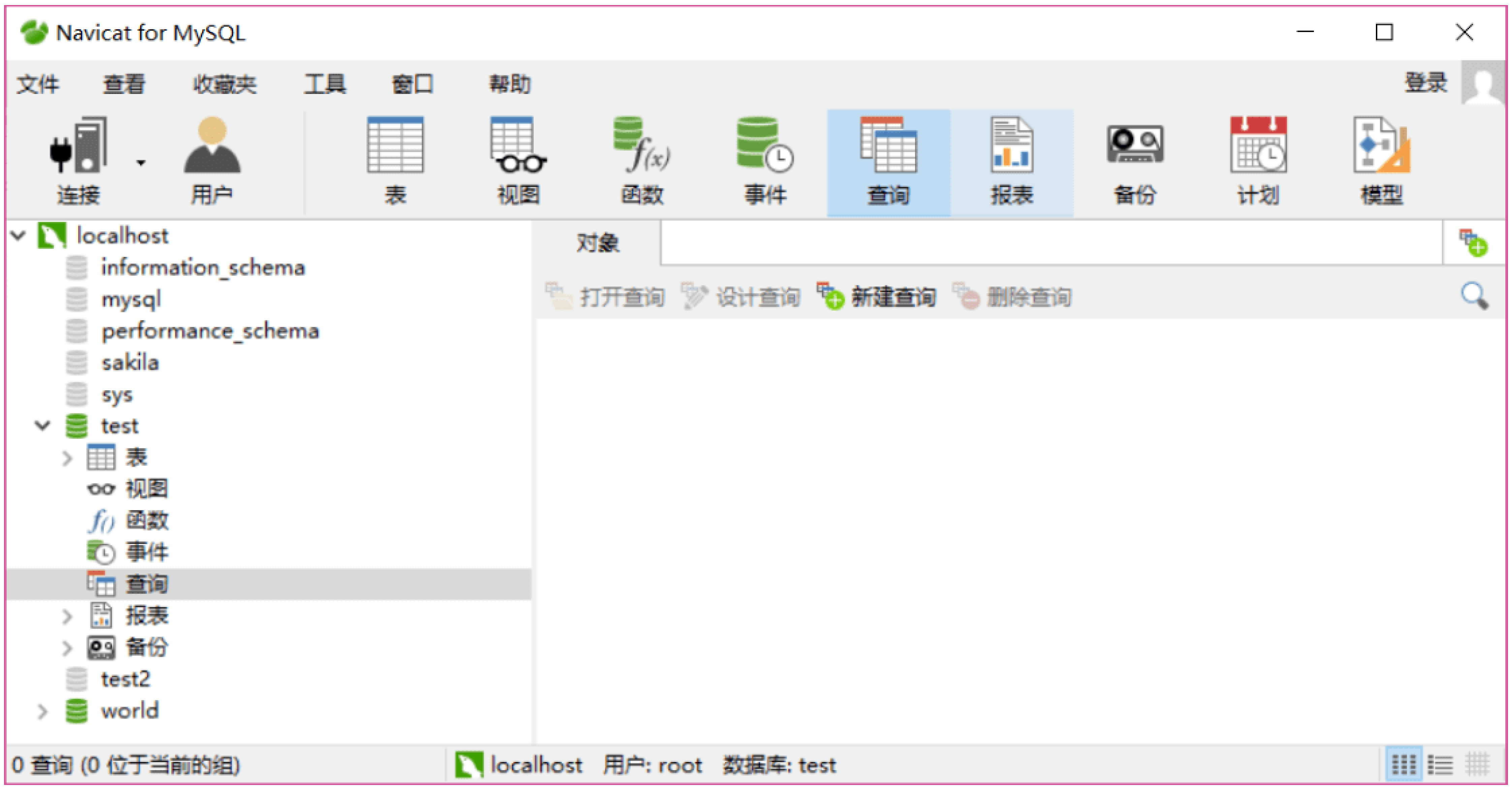


图 1-12　Navicat for MySQL 界面

可以通过【查询】→【新建查询】，在弹出的窗口中编写相关的 SQL 语句来查询数据。当然还有很多的操作，可以自己去使用和掌握它，这里就不一一描述了。

第 2 章 快速搭建第一个 SSM 项目

本章首先简单介绍 Spring、Spring MVC、MyBatis，然后讲解如何一步一步快速搭建第一个 SSM 项目。

2.1 SSM 简述

2.1.1 Spring 简述

Spring 开源框架是一个轻量级的企业级开发的一站式解决方案，是为了解决企业应用程序开发复杂性而创建的。基于 Spring 可以解决 Java EE 开发的所有问题。

Spring 框架是一个分层架构，由多个定义良好的模块组成，具体如图 2-1 所示。分层架构允许用户选择使用哪一个组件，同时为 J2EE 应用程序开发提供集成的框架。

1. 数据访问/集成（Data Access/Integration）

- JDBC模块：提供了一个JBDC的样例模板，使用这些模板能消除传统冗长的JDBC编码和必须的事务控制，而且还能享受到Spring管理事务的好处。
- ORM模块：提供与流行的“对象/关系”映射框架的无缝集成，包括Hibernate、JPA、Ibatis等。而且可以使用Spring事务管理，无需额外控制事务。

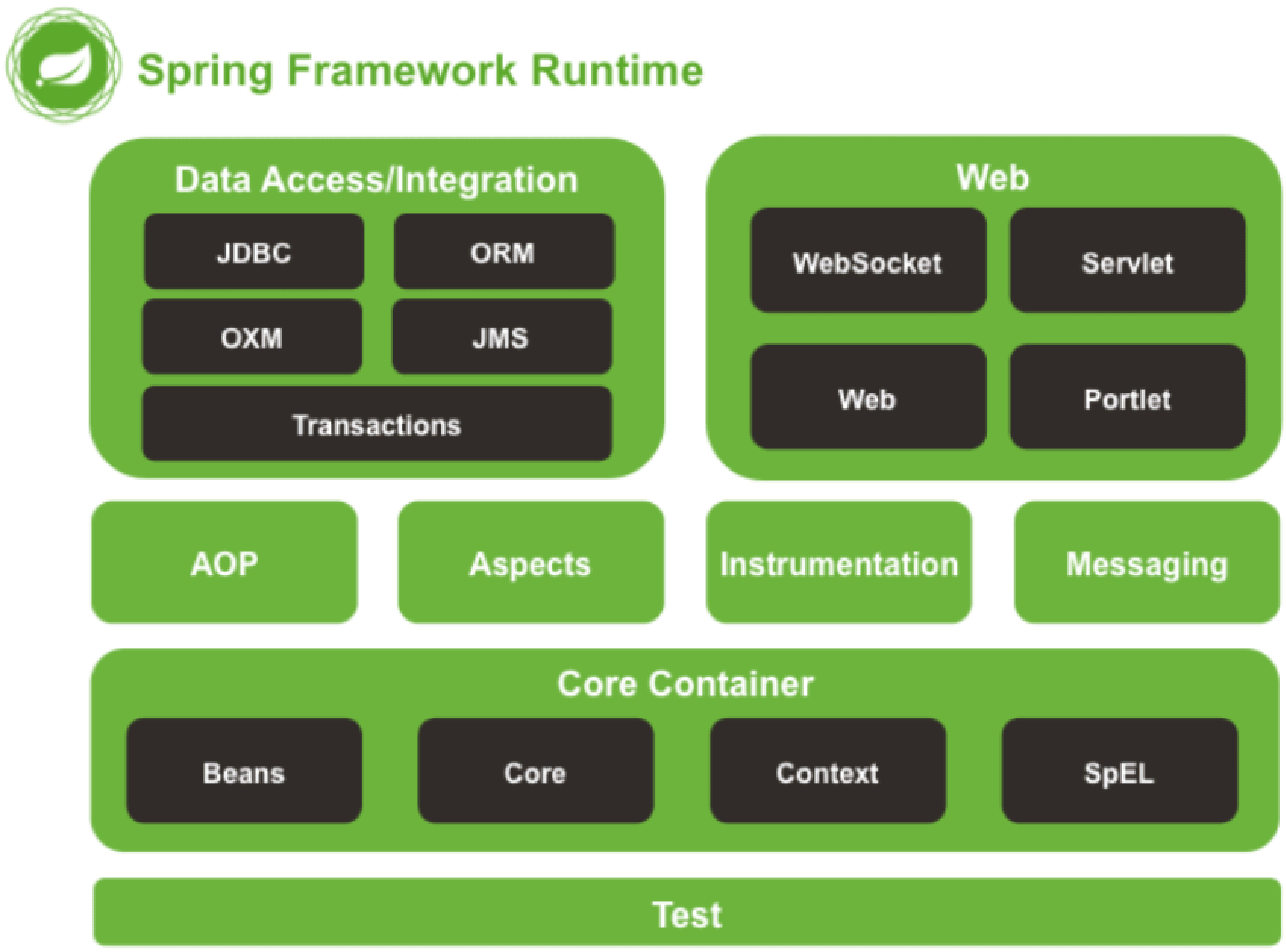


图 2-1　Spring 模块

- OXM模块：提供了一个Object/XML映射实现，将Java对象映射成XML数据，或者将XML数据映射成Java对象，Object/XML映射实现包括JAXB、Castor、XMLBeans和XStream等。
- JMS模块：提供一套“消息生产者、消息消费者”模板，使之更加简单地使用JMS。JMS用于在两个应用程序之间，或分布式系统中发送消息，进行异步通信。
- Transactions模块：该模块用于Spring管理事务，只要是Spring管理对象都能得到Spring管理事务的好处，无需在代码中进行事务控制了，而且支持编程和声明性的事物管理。

2. Web

- WebSocket模块：提供WebSocket功能。
- Servlet模块：提供了一个Spring MVC Web框架实现。Spring MVC框架提供了基于注解的请求资源注入、更简单的数据绑定、数据验证等及一套非常易用的JSP标签，完全无缝与Spring其他技术协作。
- Web模块：提供了基础的Web功能。例如：多文件上传、集成IOC容器、远程过程访问（RMI、Hessian、Burlap）以及Web Service支持，并提供一个RestTemplate类来进行方便的Restful Services访问。
- Portlet模块：提供Portlet环境支持。

3. AOP、Aspects

- AOP：提供了符合 AOP Alliance规范的面向切面的编程（aspect-oriented programming）实现，提供比如日志记录、权限控制、性能统计等通用功能和业务逻辑分离的技术，并且能动态地把这些功能添加到需要的代码中。这样各司其职，降低业务逻辑和通用功能的耦合。
- Aspects：提供了对AspectJ的集成，AspectJ提供了比Spring ASP更强大的功能。

4. Core Container（核心容器）

- Spring-Beans：提供了框架的基础部分，包括控制反转和依赖注入。其中Bean Factory是容器核心，本质是“工厂设计模式”的实现，而且无需编程实现“单例设计模式”，单例完全由容器控制，而且提倡面向接口编程，而非面向实现编程。所有应用程序对象及对象间关系由框架管理，从而真正从程序逻辑中，把维护对象之间的依赖关系提取出来，所有这些依赖关系都由Bean Factory来维护。
- Spring-Core：核心工具类，封装了框架依赖的最底层部分，包括资源访问、类型转换及一些常用工具类。
- Spring-Context：以Core和Beans为基础，集成Beans模块功能并添加资源绑定、数据验证、国际化、Java EE支持、容器生命周期、事件传播等。核心接口是ApplicationContext。
- Spring-SpEL：提供强大的表达式语言支持，支持访问和修改属性值、方法调用；支持访问及修改数组、容器和索引器，命名变量，支持算数和逻辑运算，支持从Spring 容器获取Bean，还支持列表投影、选择和一般的列表聚合等。

5. Test

- Test模块：Spring支持Junit和TestNG测试框架，而且还额外提供了一些基于Spring的测试功能，比如在测试Web框架时，模拟HTTP请求的功能。

2.1.2 Spring MVC 简述

Spring MVC属于Spring Framework的后续产品，已经融合在Spring Web Flow里面。Spring框架提供了构建 Web 应用程序的全功能 MVC 模块。使用 Spring 可插入的 MVC 架构，从而在使用 Spring 进行 Web 开发时，可以选择使用 Spring 的 SpringMVC 框架或集成其他 MVC 开发框架，如 Struts1（现在一般不用）和 Struts2（一般老项目使用）等。

2.1.3 MyBatis 简述

MyBatis 本是 Apache 的一个开源项目 iBatis，2010 年这个项目由 Apache software foundation

迁移到了 google code，并且改名为 MyBatis。2013 年 11 月迁移到 Github。iBatis 一词来源于“internet”和“abatis”的组合，是一个基于 Java 的持久层框架。iBatis 提供的持久层框架包括 SQL Maps 和 Data Access Objects（DAOs）。

MyBatis 是一款优秀的持久层框架，它支持定制化 SQL、存储过程及高级映射。MyBatis 避免了几乎所有的 JDBC 代码和手动设置参数以及获取结果集。MyBatis 可以使用简单的 XML 或注解来配置和映射原生信息，将接口和 Java 的 POJOs 映射成数据库中的记录。

2.2 快速搭建 SSM 项目

2.2.1 快速搭建 Web 项目

步骤 01 在 Intellij IDEA 的菜单栏中选择【File】→【New】→【Project…】，在弹出的【New Project】窗口中选择【Maven】，勾选【Create from archetype】，选择【maven-archetype-webapp】选项，单击【Next】按钮。具体如图 2-2 所示。

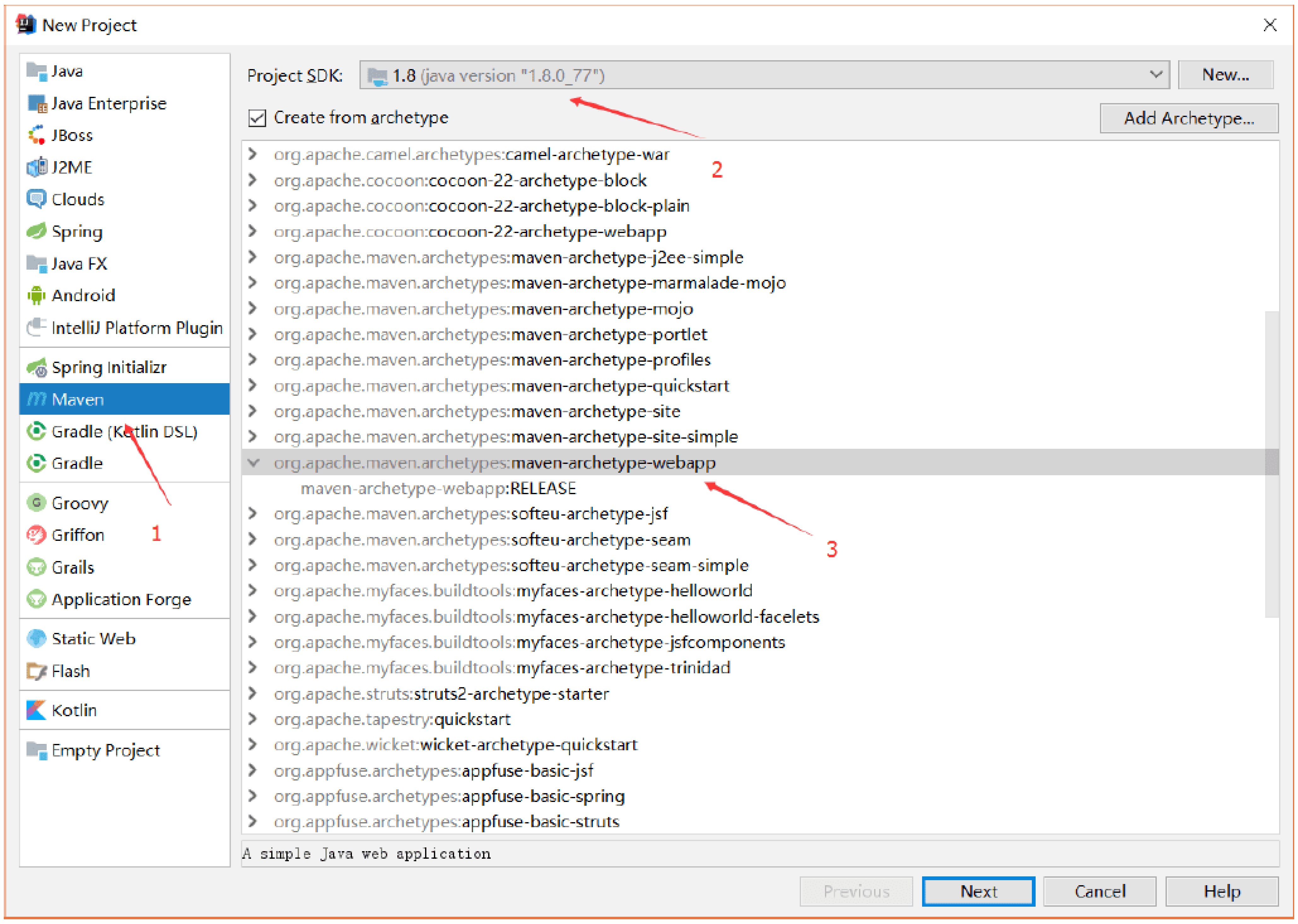


图 2-2　New Product 窗口

步骤 02 在图 2-3 中，填写【GroupId】和【ArtifactId】等信息后，单击【Next】按钮。

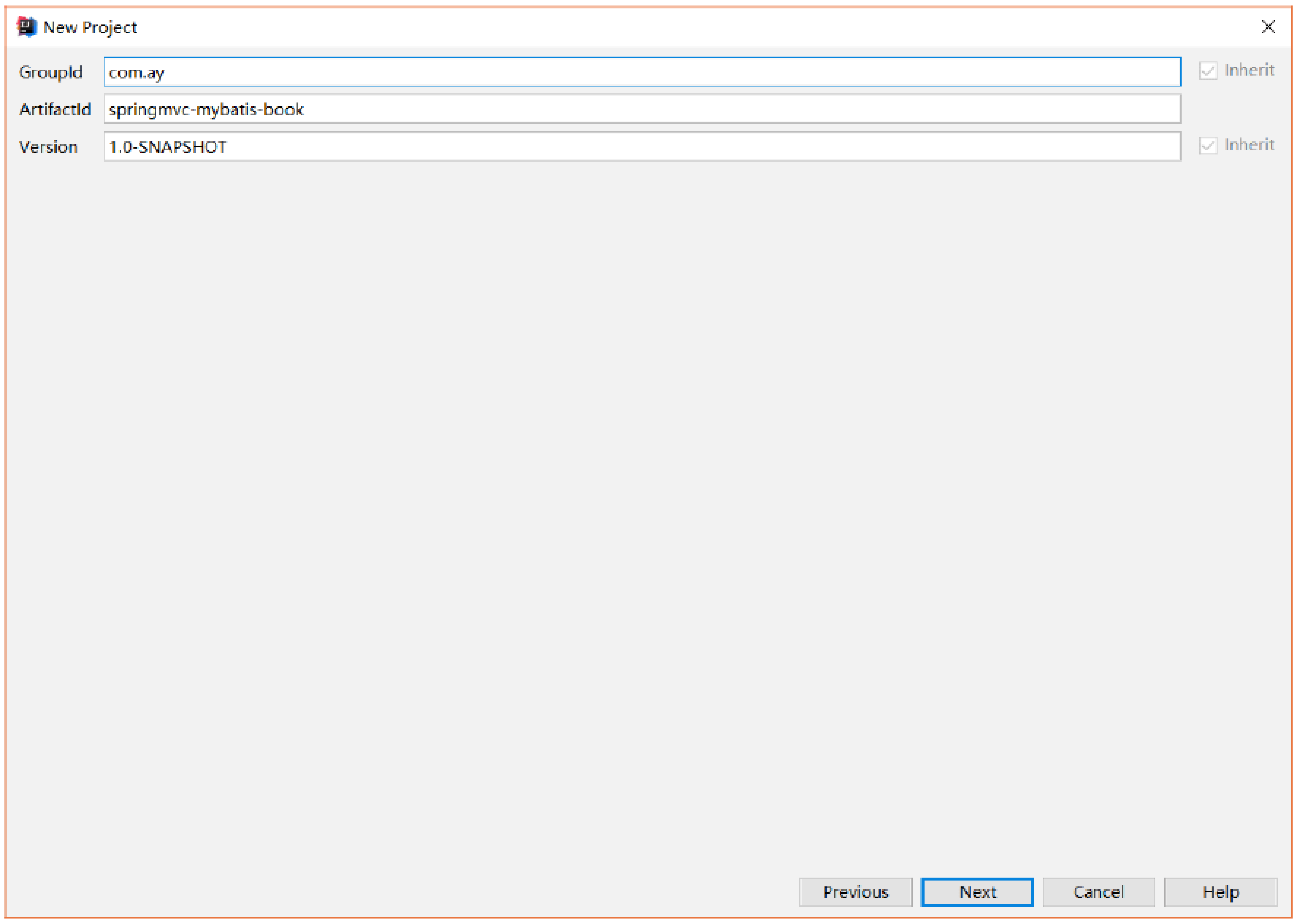


图 2-3　填写 Maven 相关信息窗口

步骤 03 在【Maven home directory】中选择 Maven 的安装路径，具体见 1.4 节 Maven 安装。在【User settings file】和【Local repository】中选择 Maven 的配置文件和仓库的位置，在【Properties】属性列表中添加属性名 name：archetypeCatalog，value：internal。具体如图 2-4 所示。

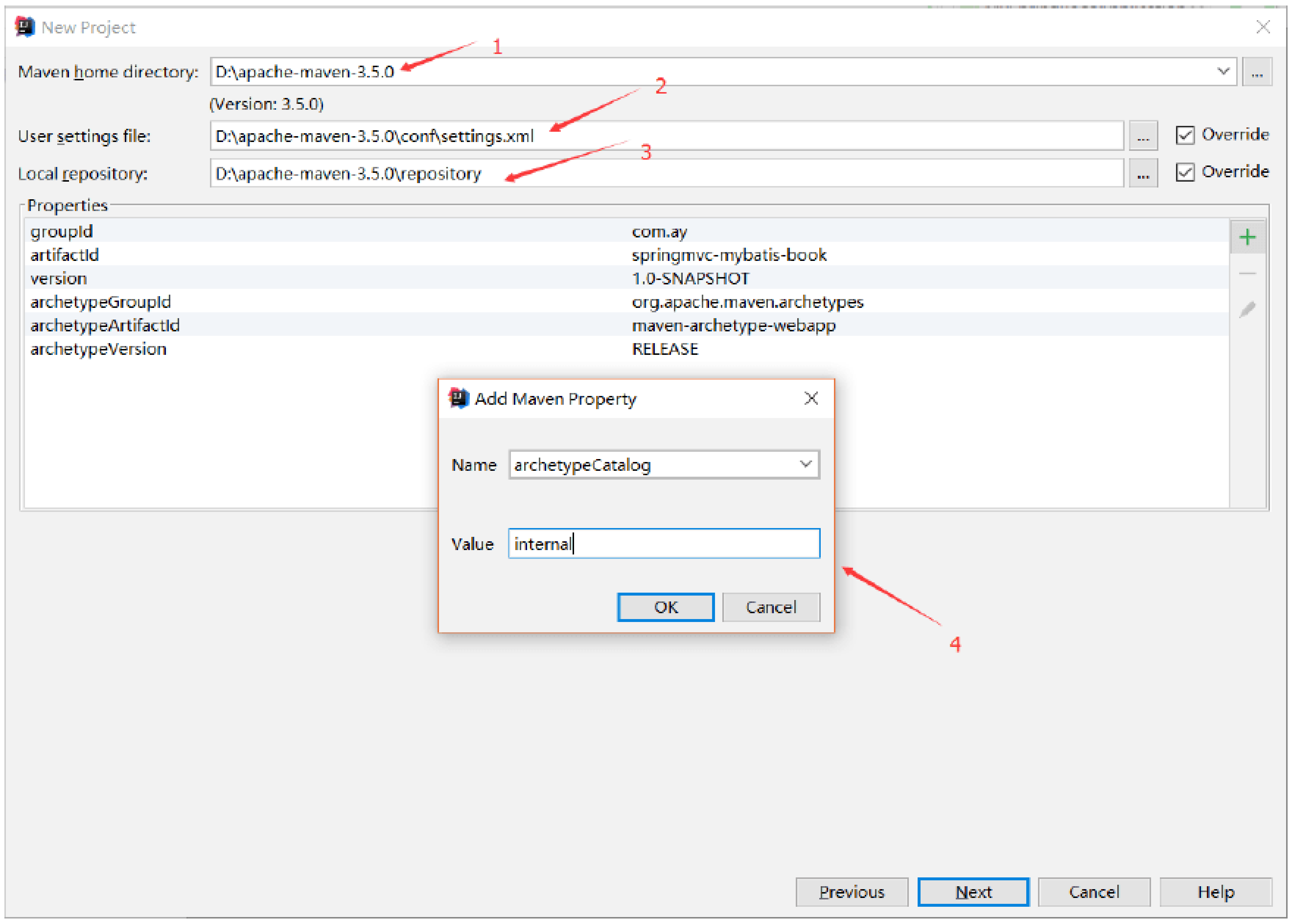


图 2-4　填写 Maven 相关信息窗口

注 意

Intellij IDEA 根据 maven archetype 的本质，执行 mvn archetype:generate 命令。该命令执行时，需要指定一个 archetype-catalog.xml 文件。该命令的参数-DarchetypeCatalog 可选值为：remote、internal、local 等，用来指定 archetype-catalog.xml 文件从哪里获取，默认为 remote，即从 http://repo1.maven.org/maven2/archetype-catalog.xml 路径下载 archetype-catalog.xml 文件。archetype-catalog.xml 文件约为 3～4MB，下载速度很慢，导致创建过程卡住。解决的办法很简单， 指定-DarchetypeCatalog 为 internal，即可使用 maven 默认的 archetype-catalog.xml，而不用从 remote 下载。

步骤 04　单击【Next】按钮，填写项目名称【springmvc-mybatis-book】，单击【Finish】按钮，具体如图 2-5 所示。

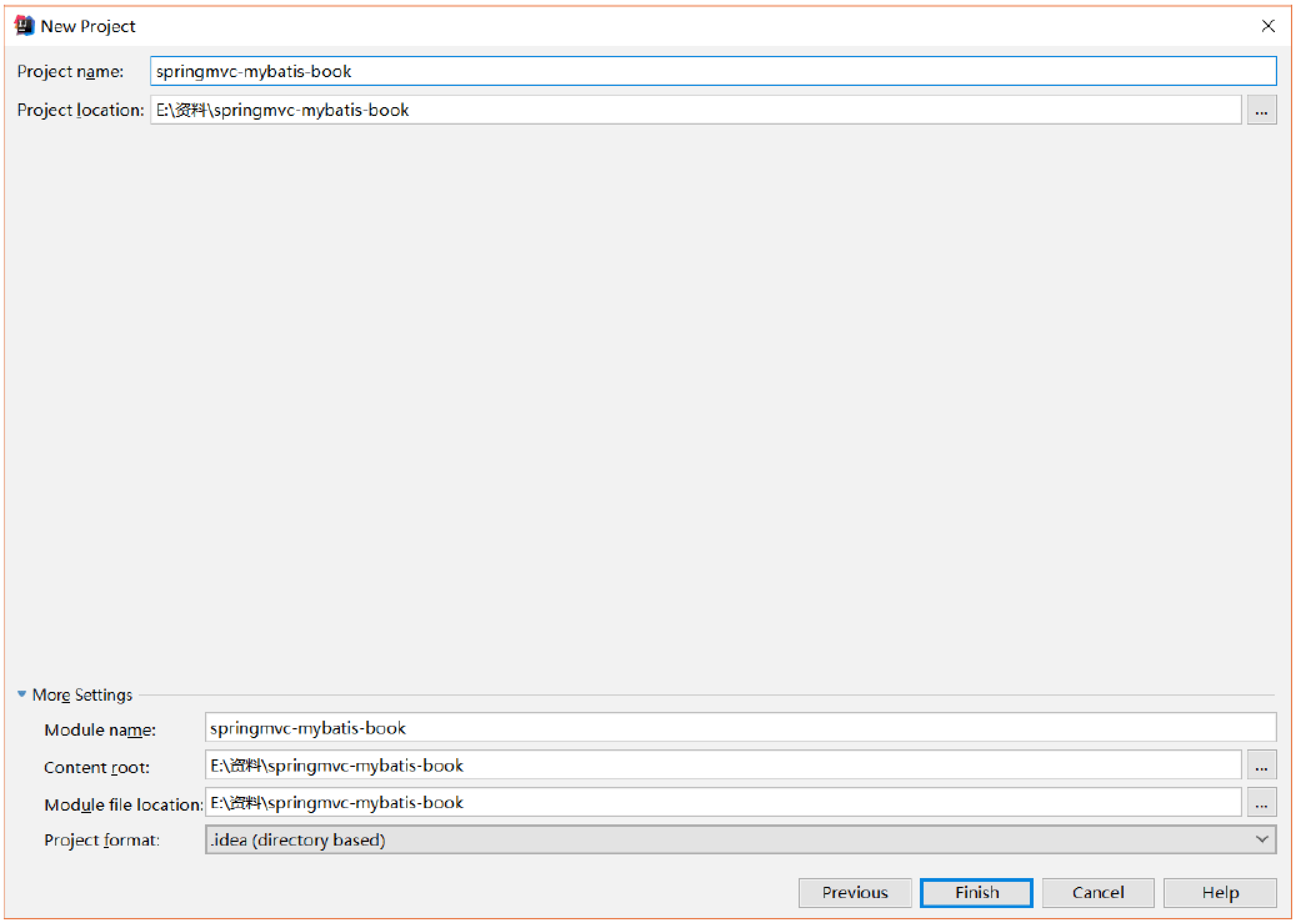


图 2-5　填写项目相关信息

步骤 05　在/src/main 目录下创建 java 和 test 目录，并标记为 Sources 文件，具体如图 2-6 所示。至此，一个完整的 Web 项目创建完成。

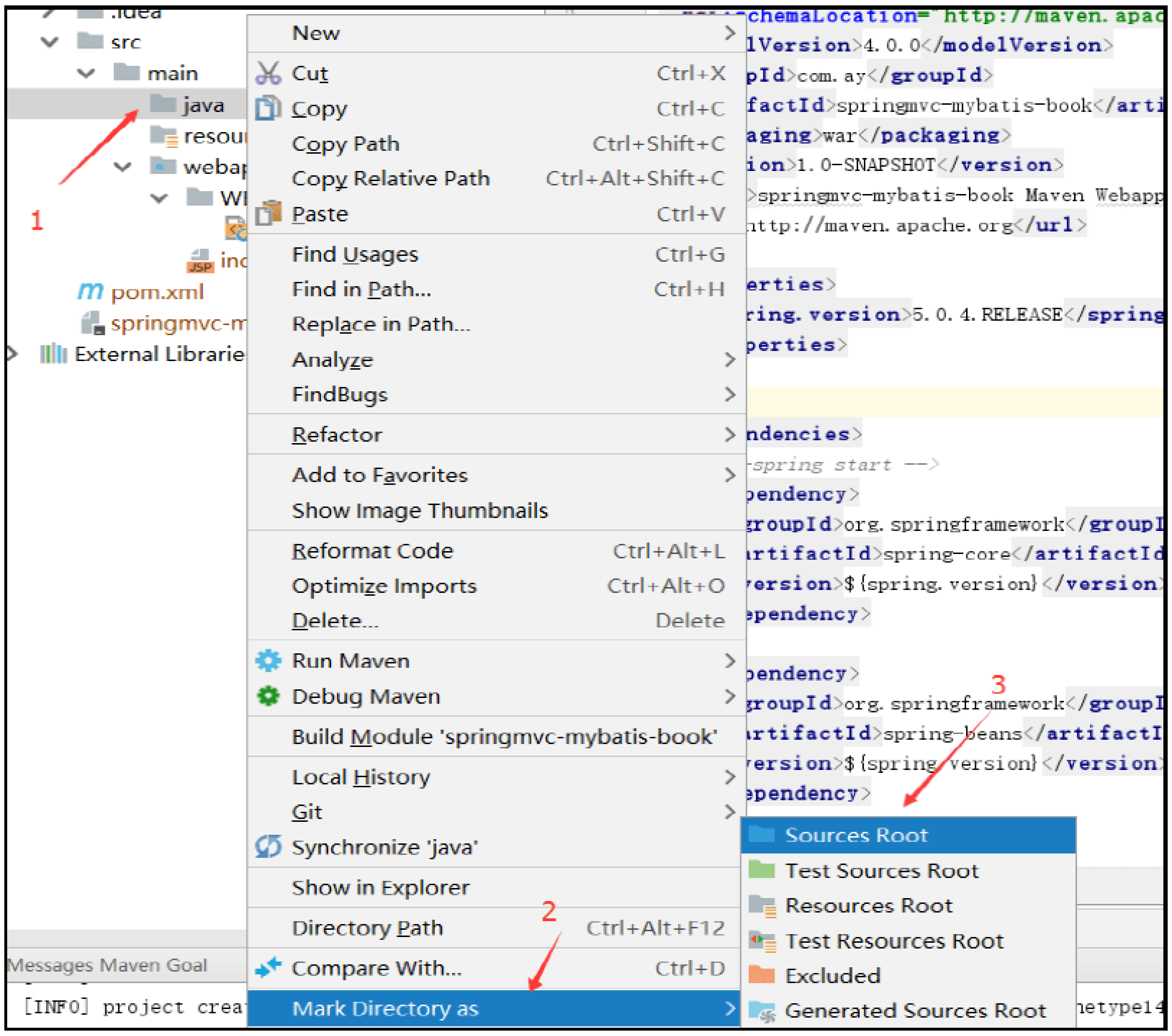


图 2-6　创建 java 目录

2.2.2　集成 Spring

在 2.2.1 节中，通过 Intellij IDEA 已经创建好 Web 项目，本节主要介绍如何在 Web 项目中集成 Spring 框架，具体步骤如下：

首先，在 springmvc-mybatis-book 项目的 pom 文件中添加 Spring 相关的依赖，具体代码如下：

```
<properties>
    <spring.version>5.0.4.RELEASE</spring.version>
</properties>
<dependencies>
    <!--spring start -->
    <dependency>
      <groupId>org.springframework</groupId>
      <artifactId>spring-core</artifactId>
      <version>${spring.version}</version>
    </dependency>

    <dependency>
```

```
      <groupId>org.springframework</groupId>
      <artifactId>spring-beans</artifactId>
      <version>${spring.version}</version>
    </dependency>

    <dependency>
      <groupId>org.springframework</groupId>
      <artifactId>spring-context</artifactId>
      <version>${spring.version}</version>
    </dependency>

    <dependency>
      <groupId>org.springframework</groupId>
      <artifactId>spring-context-support</artifactId>
      <version>${spring.version}</version>
    </dependency>

    <dependency>
      <groupId>org.springframework</groupId>
      <artifactId>spring-aop</artifactId>
      <version>${spring.version}</version>
    </dependency>

    <dependency>
      <groupId>org.springframework</groupId>
      <artifactId>spring-aspects</artifactId>
      <version>${spring.version}</version>
    </dependency>

    <dependency>
      <groupId>org.springframework</groupId>
      <artifactId>spring-expression</artifactId>
      <version>${spring.version}</version>
    </dependency>

    <dependency>
      <groupId>org.springframework</groupId>
      <artifactId>spring-tx</artifactId>
      <version>${spring.version}</version>
    </dependency>

    <dependency>
```

```
        <groupId>org.springframework</groupId>
        <artifactId>spring-test</artifactId>
        <version>${spring.version}</version>
      </dependency>

     <dependency>
        <groupId>org.springframework</groupId>
        <artifactId>spring-web</artifactId>
        <version>${spring.version}</version>
      </dependency>
      <!--spring end -->

    <!-- junit -->
      <dependency>
        <groupId>junit</groupId>
        <artifactId>junit</artifactId>
        <version>4.12</version>
      </dependency>
    </dependencies>
```

其次，在/src/main/resources 目录下创建 applicationContext.xml 配置文件，具体代码如下：

```
    <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
    <beans xmlns="http://www.springframework.org/schema/beans"
          xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
          xmlns:context="http://www.springframework.org/schema/context"
          xmlns:tx="http://www.springframework.org/schema/tx"
          xsi:schemaLocation="http://www.springframework.org/schema/beans
             http://www.springframework.org/schema/beans/
spring-beans-2.5.xsd
             http://www.springframework.org/schema/tx
             http://www.springframework.org/schema/tx/spring-tx.xsd
             http://www.springframework.org/schema/context

http://www.springframework.org/schema/context/spring-context-2.5.xsd">

      <context:component-scan base-package="com.ay"/>

    </beans>
```

- <context:component-scan/>注解：扫描base-package包或者子包下所有的Java类，并把匹配的Java类注册成Bean。这里我们设置扫描com.ay包下的所有Java类。

接着，在 web.xml 配置文件中添加如下代码：

```
<!DOCTYPE web-app PUBLIC
 "-//Sun Microsystems, Inc.//DTD Web Application 2.3//EN"
 "http://java.sun.com/dtd/web-app_2_3.dtd" >
<web-app>
  <display-name>Archetype Created Web Application</display-name>
  <context-param>
    <param-name>contextConfigLocation</param-name>
    <param-value>classpath:applicationContext.xml</param-value>
  </context-param>
  <listener>
  <listener-class>
org.springframework.web.context.ContextLoaderListener
</listener-class>
  </listener>
</web-app>
```

- <context-param>：整个项目的全局变量，相当于设定了一个固定值。param-name是键，相当于就是参数名，param-value是值，相当于参数值。
- ContextLoaderListener：ContextLoaderListener监听器实现了ServletContextListener接口，其作用是启动Web容器时，自动装配ApplicationContext的配置信息。在web.xml配置这个监听器，启动容器时，就会默认执行它实现的方法。

最后，在 src/main/test/com.ay.test 目录下创建 SpringTest 测试类，具体代码如下：

```
    import org.junit.Test;
    import org.springframework.context.ApplicationContext;
    import
org.springframework.context.support.ClassPathXmlApplicationContext;
    import org.springframework.stereotype.Service;
    /**
     * @author Ay
     * @date 2018/04/02
     */
    @Service
    public class SpringTest {

        @Test
        public void testSpring(){
            //获取运用上下文
```

```
        ApplicationContext applicationContext =
        new ClassPathXmlApplicationContext ("applicationContext.xml");
        //获取 SpringTest 类
        SpringTest springTest =
                (SpringTest) applicationContext.getBean ("springTest");
        //调用 sayHello 方法
        springTest.sayHello();
    }

    public void sayHello(){
        System.out.println("hello ay");
    }
}
```

- @Service：Spring会自动扫描到@Service注解的类，并把这些类纳入进Spring容器中管理。也可以用@Component注解，只是@Service注解更能表明该类是服务层类。
- ApplicationContext容器：ApplicationContext是Spring中较高级的容器，它可以加载配置文件中定义的Bean，并将所有的Bean集中在一起，当有请求的时候分配Bean。

最经常被使用的 ApplicationContext 接口实现如下：

- ClassPathXmlApplicationContext：从类路径ClassPath中寻找指定的XML配置文件，找到并装载完成ApplicationContext的实例化工作，具体代码如下：

```
//装载单个配置文件实例化 ApplicationContext 容器
ApplicationContext cxt = new ClassPathXmlApplicationContext
                                    ("applicationContext.xml");
//装载多个配置文件实例化 ApplicationContext 容器
String[] configs = {"bean1.xml","bean2.xml","bean3.xml"};
ApplicationContext cxt = new ClassPathXmlApplicationContext(configs);
```

- FileSystemXmlApplicationContext：从指定的文件系统路径中寻找指定的XML配置文件，找到并装载完成ApplicationContext的实例化工作。具体代码如下：

```
//装载单个配置文件实例化 ApplicationContext 容器
ApplicationContext cxt = new FileSystemXMLApplicationContext("beans.xml");
//装载多个配置文件实例化 ApplicationContext 容器
String[] configs = {"c:/beans1.xml","c:/beans2.xml"};
ApplicationContext cxt = new FileSystemXmlApplicationContext(configs);
```

- XmlWebApplicationContext：从Web应用中寻找指定的XML配置文件，找到并装载完成 ApplicationContext 的实例化工作。这是为 Web 工程量身定制的，使用 WebApplicationContextUtils 类的 getRequiredWebApplicationContext 方法可在 JSP 与 Servlet中取得IOC容器的引用。

运行上面代码中的单元测试方法 testSpring()，便可以在 Intellij IDEA 控制台看到如图 2-7 所示的结果，表示 Web 应用集成 Spring 框架成功。

```
Connected to the target VM, address: '127.0.0.1:65035', transport: 'socket'
四月 02, 2018 12:53:33 下午 org.springframework.context.support.AbstractApplicationContext prepareRefresh
信息: Refreshing org.springframework.context.support.ClassPathXmlApplicationContext@52525845: startup dat
四月 02, 2018 12:53:34 下午 org.springframework.beans.factory.xml.XmlBeanDefinitionReader loadBeanDefiniti
信息: Loading XML bean definitions from class path resource [applicationContext.xml]
hello ay
Disconnected from the target VM, address: '127.0.0.1:65035', transport: 'socket'

Process finished with exit code 0
```

图 2-7　Web 应用集成 Spring 框架

2.2.3　集成 Spring MVC 框架

Web 项目集成 Spring 框架之后，我们继续把 Spring MVC 集成进来，具体的步骤如下：

首先，把集成 Spring MVC 所需要的 Maven 依赖包和相关的属性值添加到 pom.xml 文件中，具体代码如下：

```
<properties>
    <spring.version>5.0.4.RELEASE</spring.version>
    <javax.servlet.version>4.0.0</javax.servlet.version>
    <jstl.version>1.2</jstl.version>
</properties>
<!--springmvc start -->
<dependency>
      <groupId>jstl</groupId>
      <artifactId>jstl</artifactId>
      <version>${jstl.version}</version>
</dependency>
<dependency>
      <groupId>javax.servlet</groupId>
      <artifactId>javax.servlet-api</artifactId>
      <version>${javax.servlet.version}</version>
</dependency>
```

```
<dependency>
     <groupId>org.springframework</groupId>
     <artifactId>spring-webmvc</artifactId>
     <version>${spring.version}</version>
</dependency>
<!--springmvc end -->
```

其次，在 web.xml 配置文件中添加 DispatcherServlet 配置，具体代码如下：

```
<!--配置 DispatcherServlet -->
<servlet>
  <servlet-name>spring-dispatcher</servlet-name>
  <servlet-class>org.springframework.web.servlet.DispatcherServlet
  </servlet-class>
  <!-- 配置 SpringMVC 需要加载的配置文件 spring-mvc.xml -->
  <init-param>
    <param-name>contextConfigLocation</param-name>
    <param-value>classpath:spring-mvc.xml</param-value>
  </init-param>
  <load-on-startup>1</load-on-startup>
</servlet>
<servlet-mapping>
  <servlet-name>spring-dispatcher</servlet-name>
  <!-- 默认匹配所有的请求 -->
  <url-pattern>/</url-pattern>
</servlet-mapping>
```

- DispatcherServlet类：DispatcherServlet是前置控制器，主要用于拦截匹配的请求，拦截匹配规则要自己定义，把拦截下来的请求，依据相应的规则分发到目标Controller来处理，是配置Spring MVC的第一步。
- <init-param>：整个项目的局部变量，相当于设定了一个固定值，只能在当前的Servlet中被使用。param-name是键，相当于就是参数名，param-value是值，相当于参数值。容器启动时会加载配置文件spring-mvc.xml。
- <load-on-startup>：表示启动容器时初始化该Servlet。当值为0或者大于0时，表示容器在应用启动时加载并初始化这个Servlet。如果值小于0或未指定时，则指示容器在该Servlet被选择时才加载。正值越小，Servlet的优先级越高，应用启动时就越先加载。值相同时，容器就会自己选择顺序来加载。
- <servlet-mapping>：标签声明了与该Servlet相应的匹配规则，每个<url-pattern>标签代表1个匹配规则。

- <url-pattern>：URL匹配规则，表示哪些请求交给Spring MVC处理，“/”表示拦截所有的请求。

URL 匹配规则有如下几种：

（1）精准匹配

<url-pattern>中的配置项必须与 URL 完全精确匹配。

```
<servlet-mapping>
    <servlet-name>spring-dispatcher</servlet-name>
    <!-- 精准匹配 -->
    <url-pattern>/ay</url-pattern>
    <url-pattern>/index.html</url-pattern>
    <url-pattern>/test/ay.html</url-pattern>
</servlet-mapping>
```

当在浏览器中输入如下几种 URL 时，都会被匹配到该 Servlet，具体代码如下：

```
http://localhost/ay
http://localhost/index.html
http://localhost/test/ay.html
```

（2）扩展名匹配

以“*.”开头的字符串被用于扩展名匹配。

```
<servlet-mapping>
    <servlet-name>spring-dispatcher</servlet-name>
    <!-- 扩展名匹配 -->
    <url-pattern>*.jsp</url-pattern>
</servlet-mapping>
```

当在浏览器中输入如下几种 URL 时，都会被匹配到该 Servlet，具体代码如下：

```
http://localhost/ay.jsp
http://localhost/al.jsp
```

（3）路径匹配

以“/”字符开头，并以“/*”结尾的字符串用于路径匹配。

```
<servlet-mapping>
    <servlet-name>spring-dispatcher</servlet-name>
    <!-- 扩展名匹配 -->
    <url-pattern>/ay/*</url-pattern>
</servlet-mapping>
```

当在浏览器中输入如下几种 URL 时，都会被匹配到该 Servlet，具体代码如下：

```
http://localhost/ay/ay.jsp
http://localhost/ay/ay.html
http://localhost/ay/action
http://localhost/ay/xxxx
http://localhost/ay/xxxxx.do
```

注 意

路径匹配和扩展名匹配无法同时设置，如果设置，启动 tomcat 服务器会报错。例如下面 3 个匹配规则是错误的：

```
<url-pattern>/kata/*.jsp</url-pattern>
<url-pattern>/*.jsp</url-pattern>
<url-pattern>he*.jsp</url-pattern>
```

（4）默认匹配

```
<servlet-mapping>
    <servlet-name>spring-dispatcher</servlet-name>
    <!-- 默认匹配所有的请求 -->
    <url-pattern>/</url-pattern>
</servlet-mapping>
```

（5）匹配顺序

当一个 URL 与多个 Servlet 的匹配规则可以匹配时，则按照“精确路径 > 最长路径 > 扩展名”这样的优先级匹配到对应的 Servlet。举例如下：

- 比如ServletA的url-pattern为/test， ServletB的url-pattern为/* ， 如果访问的URL路径为http://localhost/test ，容器会优先进行精确路径匹配，发现 /test正好被ServletA精确匹配，那么就会去调用ServletA，而不是ServletB。
- 比如ServletA的url-pattern为/test/*，而ServletB的url-pattern为/test/a/*，如果访问的URL路径为http://localhost/test/a，容器会选择路径最长的Servlet来匹配，也就是ServletB。
- 比如ServletA的url-pattern：*.action ，ServletB的url-pattern为/* 。如果访问的URL路径为http://localhost/test.action，容器会优先进行路径匹配，而不是扩展名匹配，这样就去调用ServletB。

接着，我们在/src/main/resources 目录下创建配置文件 spring-mvc.xml，具体代码如下：

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<beans xmlns="http://www.springframework.org/schema/beans"
      xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
      xmlns:context="http://www.springframework.org/schema/context"
```

```
        xmlns:mvc="http://www.springframework.org/schema/mvc"
        xmlns:aop="http://www.springframework.org/schema/aop"
        xsi:schemaLocation="http://www.springframework.org/schema/beans
         http://www.springframework.org/schema/beans/spring-beans.xsd
         http://www.springframework.org/schema/context
         http://www.springframework.org/schema/context/spring-context.xsd
         http://www.springframework.org/schema/mvc
         http://www.springframework.org/schema/mvc/spring-mvc.xsd
         http://www.springframework.org/schema/aop
         http://www.springframework.org/schema/aop/spring-aop.xsd">

    <!-- 扫描 controller(后端控制器),并且扫描其中的注解-->
    <context:component-scan base-package="com.ay.controller"/>
    <!--设置配置方案 -->
    <mvc:annotation-driven/>

      <!--配置 JSP  显示 ViewResolver(视图解析器)-->
   <bean class="org.springframework.web.servlet.view.
                 InternalResourceViewResolver">
       <property name="viewClass"
                 value="org.springframework.web.servlet.view.JstlView"/>
       <property name="prefix" value="/WEB-INF/views/"/>
       <property name="suffix" value=".jsp"/>
    </bean>
</beans>
```

- <context:component-scan>：扫描base-package包或者子包下所有的controller类，并把匹配的controller类注册成Bean。
- <mvc:annotation-driven/>：该注解会自动注册RequestMappingHandlerMapping和RequestMappingHandlerAdapter两个Bean，是Spring MVC为@Controller分发请求所必须的，并提供了数据绑定支持、@NumberFormatannotation支持、@DateTimeFormat支持、@Valid支持、读写XML的支持（JAXB）和读写JSON的支持（Jackson）等功能。
- InternalResourceViewResolver：最常用的视图解析器，当控制层返回“hello”时，InternalResourceViewResolver解析器会自动添加前缀和后缀，最终路径结果为：/WEB-INF/views/hello.jsp。

最后，在/src/main/java 目录下创建包 com.ay.controller，并创建控制层类 AyTestController，具体代码如下：

```
package com.ay.controller;
import org.springframework.web.bind.annotation.GetMapping;
import org.springframework.web.bind.annotation.RequestMapping;
import org.springframework.web.bind.annotation.RestController;
/**
 *@author Ay
 * @date 2018/04/02
 */
@Controller
@RequestMapping("/test")
public class AyTestController {
    @GetMapping("/sayHello")
    public String sayHello(){
        return "hello";
    }
}
```

- @Controller：标明AyTestController是一个控制器类，使用**@Controller**标记的类就是一个Spring MVC Controller对象。
- @RequestMapping：是一个用来处理请求地址映射的注解，可用于类或者方法上。用于类上，表示类中的所有响应请求的方法都是以该地址作为父路径。@RequestMapping注解有value、method等属性，value属性可以默认不写。“/test”就是value属性的值。value属性的值就是请求的实际地址。
- @GetMapping：@GetMapping是一个组合注解，是@RequestMapping(method = RequestMethod.GET)的缩写。该注解将HTTP Get 请求映射到特定的处理方法上。类似的@PostMapping注解是@RequestMapping(method = RequestMethod.POST)的缩写。@PutMapping注解是@RequestMapping(method = RequestMethod.PUT)的缩写。@DeleteMapping注解是@RequestMapping(method = RequestMethod.DELETE)的缩写。@PatchMapping注解是@RequestMapping(method = RequestMethod.PATCH)的缩写。

在/src/main/webapp/WEB-INF 目录下创建 views 文件夹，在 views 文件下创建 hello.jsp 文件，具体代码如下：

```
    <%@page language="java" contentType="text/html; charset=UTF-8"
pageEncoding="UTF-8" %>
    <!DOCTYPE HTML>
    <html>
    <head>
        <title>Getting Started: Serving Web Content</title>
```

```
        <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8" />
    </head>
    <body>

    hello, ay

    </body>
    </html>
```

至此，Web 项目集成 Spring MVC 大功告成。我们把 Web 项目部署到 Tomcat 服务器上，成功启动 Tomcat 服务器后，在浏览器输入访问路径：http://localhost:8080/test/sayHello。当出现如图 2-8 所示的结果时，代表 Web 项目集成 Spring MVC 成功。

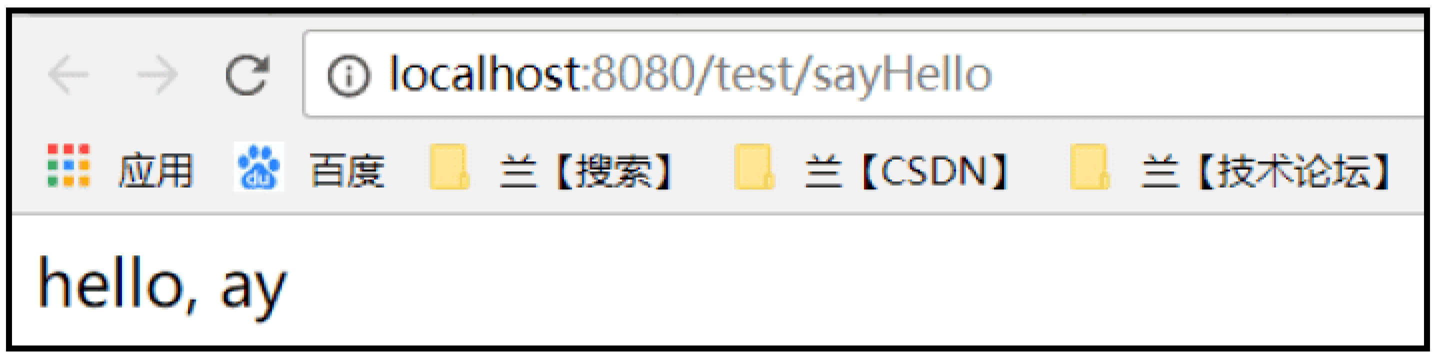


图 2-8　集成 Spring MVC 框架测试

2.2.4　集成 MyBatis 框架

在 2.2.3 节中，我们已经在 Web 项目中集成了 Spring MVC，这一节主要介绍如何在 Web 项目中集成 MyBatis 框架。

首先，把集成 MyBatis 框架所需要的依赖包添加到 pom.xml 文件中，具体代码如下：

```
    <properties>
        <spring.version>5.0.4.RELEASE</spring.version>
        <javax.servlet.version>4.0.0</javax.servlet.version>
        <jstl.version>1.2</jstl.version>
        <mybatis.version>3.4.6</mybatis.version>
        <mysql.connector.java.version>8.0.9-rc</mysql.connector.java.version>
        <druid.version>1.1.9</druid.version>
        <mybatis.spring.version>1.3.2</mybatis.spring.version>
    </properties>
    <!--mybatis start -->
    <dependency>
          <groupId>mysql</groupId>
          <artifactId>mysql-connector-java</artifactId>
          <version>${mysql.connector.java.version}</version>
          <scope>runtime</scope>
```

```
    </dependency>

    <dependency>
        <groupId>com.alibaba</groupId>
        <artifactId>druid</artifactId>
        <version>${druid.version}</version>
    </dependency>

    <dependency>
        <groupId>org.springframework</groupId>
        <artifactId>spring-jdbc</artifactId>
        <version>${spring.version}</version>
     </dependency>

     <dependency>
        <groupId>org.mybatis</groupId>
        <artifactId>mybatis</artifactId>
        <version>${mybatis.version}</version>
     </dependency>

    <dependency>
        <groupId>org.mybatis</groupId>
        <artifactId>mybatis-spring</artifactId>
        <version>${mybatis.spring.version}</version>
      </dependency>
     <!--mybatis end -->
```

- mysql-connector-java：是MySQL的JDBC驱动包，用JDBC连接MySQL数据库时必须使用该jar包。
- druid：Druid是阿里巴巴开源平台上一个数据库连接池实现，它结合了C3P0、DBCP、PROXOOL等DB连接池的优点，同时加入了日志监控，可以很好地监控DB连接池和SQL的执行情况，可以说是针对监控而生的DB连接池，据说是目前最好的连接池。
- mybatis-spring：mybatis-spring会帮助你将MyBatis代码无缝地整合到Spring中。使用这个类库中的类，Spring将会加载必要的MyBatis工厂类和Session类。

其次，在/src/main/resources 目录下创建 jdbc.properties 配置文件，具体代码如下：

```
//驱动
jdbc.driverClassName=com.mysql.jdbc.Driver
//mysql 连接信息
```

```
    jdbc.url=jdbc:mysql://127.0.0.1:3306/springmvc-mybatis-book?serverTimezo
ne=GMT
    //用户名
    jdbc.username=root
    //密码
    jdbc.password=123456
```

- jdbc.properties配置：主要配置驱动和连接数据库的配置信息。

最后，在 applicationContext.xml 配置文件添加如下的配置，具体代码如下：

```
<!--1、配置数据库相关参数-->
<context:property-placeholder
location="classpath:jdbc.properties" ignore-unresolvable="true"/>

<!--2.数据源 druid -->
<bean id="dataSource" class="com.alibaba.druid.pool.DruidDataSource"
init-method="init" destroy-method="close">
    <property name="driverClassName" value="${jdbc.driverClassName}" />
    <property name="url" value="${jdbc.url}" />
    <property name="username" value="${jdbc.username}" />
    <property name="password" value="${jdbc.password}" />
 </bean>
<!--3、配置 SqlSessionFactory 对象-->
<bean id="sqlSessionFactory" class="org.mybatis.spring.
                                        SqlSessionFactoryBean">
    <!--注入数据库连接池-->
    <property name="dataSource" ref="dataSource"/>
    <!--扫描 sql 配置文件:mapper 需要的 xml 文件-->
    <property name="mapperLocations" value="classpath:mapper/*.xml"/>
</bean>

<bean id="sqlSession" class="org.mybatis.spring.SqlSessionTemplate">
    <constructor-arg index="0" ref="sqlSessionFactory" />
</bean>

<!-- 扫描 basePackage 下所有以@MyBatisDao 注解的接口 -->
<bean id="mapperScannerConfigurer"
         class="org.mybatis.spring.mapper. MapperScannerConfigurer">
    <property name="sqlSessionFactoryBeanName" value="sqlSessionFactory" />
```

```
    <property name="basePackage" value="com.ay.dao"/>
</bean>
```

- <context:property-placeholder/>：标签提供了一种优雅的外在化参数配置的方式，location表示属性文件位置，多个属性文件之间通过逗号分隔。ignore-unresolvable表示是否忽略解析不到的属性，如果不忽略，找不到将抛出异常。
- DruidDataSource：阿里巴巴Druid数据源，该数据源会读取jdbc.properties配置文件的数据库连接信息和驱动。
- SqlSessionFactoryBean：在基本的MyBatis中，Session工厂可以使用SqlSessionFactoryBuilder来创建。而在MyBatis-Spring中，则使用SqlSessionFactoryBean来替代。

SqlSessionFactoryBean 需要依赖数据源 dataSource。mapperLocations 属性可以用来指定 MyBatis 的 XML 映射器文件的位置，值为 mapper/*.xml 代表扫描 classpath 路径下 mapper 文件夹下的所有 XML 文件。

- MapperScannerConfigurer：我们没有必要在Spring的XML配置文件中注册所有的映射器。相反，可以使用MapperScannerConfigurer，它将会查找类路径下的映射器并自动将它们创建成MapperFactoryBean。basePackage属性是让你为映射器接口文件设置基本的包路径。可以使用分号或逗号作为分隔符设置多于一个的包路径。每个映射器将会在指定的包路径中递归地被搜索到。这里设置的值是com.ay.dao这个包。

Web 应用集成 MyBatis 框架所需的配置文件都添加完成之后，我们开始开发相关的代码。首先，在 MySQL 数据库创建表 ay_user，具体的 SQL 语句如下：

```
- ----------------------------
-- Table structure for ay_user
-- ----------------------------
DROP TABLE IF EXISTS 'ay_user';
CREATE TABLE 'ay_user' (
  'id' bigint(32) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  'name' varchar(10) DEFAULT NULL,
  'password' varchar(64) DEFAULT NULL,
  PRIMARY KEY ('id')
) ENGINE=InnoDB AUTO_INCREMENT=2 DEFAULT CHARSET=utf8;
```

数据库表创建完成之后，往 ay_user 表插入数据，具体如图 2-9 所示。

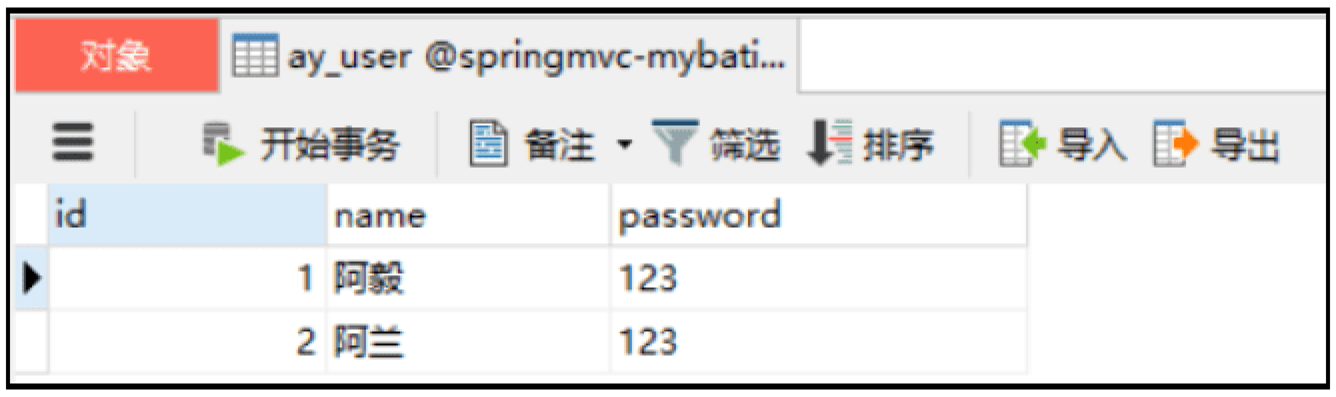


图 2-9　用户数据

数据库表创建完成之后，在/src/main/java/com.ay.model 目录下创建数据库表对应的实体类对象 AyUser，具体的代码如下：

```
/**
 * 用户实体
 * @author Ay
 * @date  2018/04/02
 */
public class AyUser implements Serializable{

    private Integer id;
    private String name;
    private String password;

    //省略 set、get 方法
}
```

实体类对象 AyUser 创建完成之后，在/src/main/java/ com.ay.dao 目录下创建对应的 DAO 对象 AyUserDao，AyUserDao 是一个接口，提供了 findAll 方法用来查询所有的用户。AyUserDao 具体代码如下：

```
package com.ay.dao;
import com.ay.model.AyUser;
import org.springframework.stereotype.Repository;
import java.util.List;

@Repository
public interface AyUserDao {

    List<AyUser> findAll();
}
```

接口类 AyUserDao 创建完成之后，在/src/main/java/com.ay.service 目录下创建对应的服务层接口 AyUserService，服务层接口 AyUserService 代码也非常简单，只提供了一个查询所有用户的方法 findAll()，具体的代码如下：

```
package com.ay.service;
import com.ay.model.AyUser;
import java.util.List;

public interface AyUserService {

    List<AyUser> findAll();
}
```

服务层接口 AyUserService 开发完成之后，在/src/main/java/com.ay.service.impl 开发对应的服务层实现类 AyUserServiceImpl，实现类主要是注入 AyUserDao 接口，并实现 findAll()方法，在 findAll()方法中调用 AyUserDao 的 findAll()方法，具体代码如下所示：

```
package com.ay.service.impl;
import com.ay.dao.AyUserDao;
import com.ay.model.AyUser;
import com.ay.service.AyUserService;
import org.springframework.stereotype.Repository;
import org.springframework.stereotype.Service;
import javax.annotation.Resource;
import java.util.List;
@Service
public class AyUserServiceImpl implements AyUserService{

    @Resource
    private AyUserDao ayUserDao;

    public List<AyUser> findAll() {
        return ayUserDao.listAllUser();
    }
}
```

服务层实现类 AyUserServiceImpl 开发完成之后，在/src/main/java/com.ay.controller 目录下创建控制层类 AyUserController，并注入服务层接口。AyUserController 类只有一个 findAll()方法。在 AyUserController 类上添加映射路径/user，在 findAll()方法上添加映射路径/findAll。

```
package com.ay.controller;
import com.ay.model.AyUser;
import com.ay.service.AyUserService;
import org.springframework.stereotype.Controller;
import org.springframework.ui.Model;
```

```
import org.springframework.web.bind.annotation.GetMapping;
import org.springframework.web.bind.annotation.RequestMapping;
import javax.annotation.Resource;
import java.util.List;

/**
 *@author Ay
 * @date 2018/04/02
 */
@Controller
@RequestMapping(value = "/user")
public class AyUserController {

    @Resource
    private AyUserService ayUserService;

    @GetMapping("/findAll")
    public String findAll(Model model){
        List<AyUser> ayUserList = ayUserService.findAll();
          for(AyUser ayUser : ayUserList){
            System.out.println("id: " + ayUser.getId());
            System.out.println("name: " + ayUser.getName());
        }
        return "hello";
    }
}
```

最后，在/src/main/resources 目录下创建 AyUserMapper.xml 文件，具体代码如下：

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<!DOCTYPE mapper PUBLIC "-//mybatis.org//DTD Mapper 3.0//EN"
        "http://mybatis.org/dtd/mybatis-3-mapper.dtd">
<mapper namespace="com.ay.dao.AyUserDao">
    <sql id="userField">
        a.id as "id",
        a.name as "name",
        a.password as "password"
    </sql>
    <!-- 获取所有用户 -->
```

```
    <select id="findAll" resultType="com.ay.model.AyUser">
        select
        <include refid="userField"/>
        from ay_user as a
    </select>

</mapper>
```

- <mapper/>：namespace主要用于绑定Dao接口，这里绑定com.ay.dao.AyUserDao接口。
- <select id="findAll">：select标签，用来编写select查询语句，id属性值与AyUserDao接口中的方法名一一对应。在select标签中，查询了ay_user表中的所有数据，并返回。

到这里，Web 应用集成 Spring、Spring MVC、MyBatis 已经全部完成，现在重新启动 Tomcat 服务器，在浏览器输入访问地址：http://localhost:8080/user/findAll，如果能看到如图 2-10 和图 2-11 所示的信息，代表整合成功。

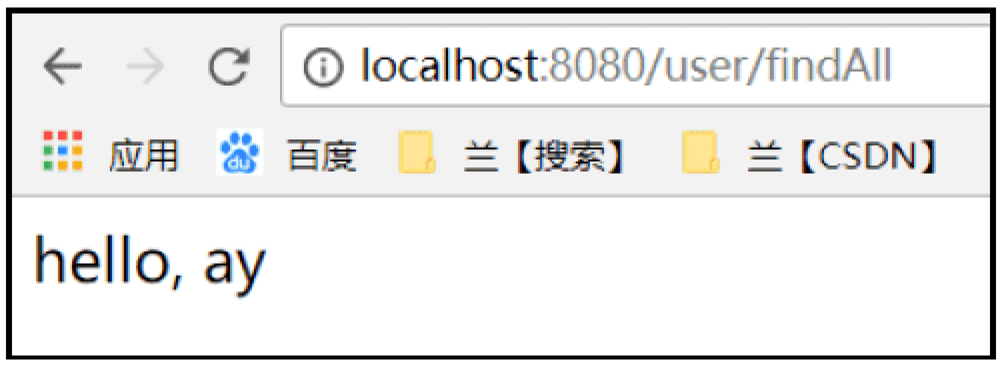


图 2-10　浏览器输出信息

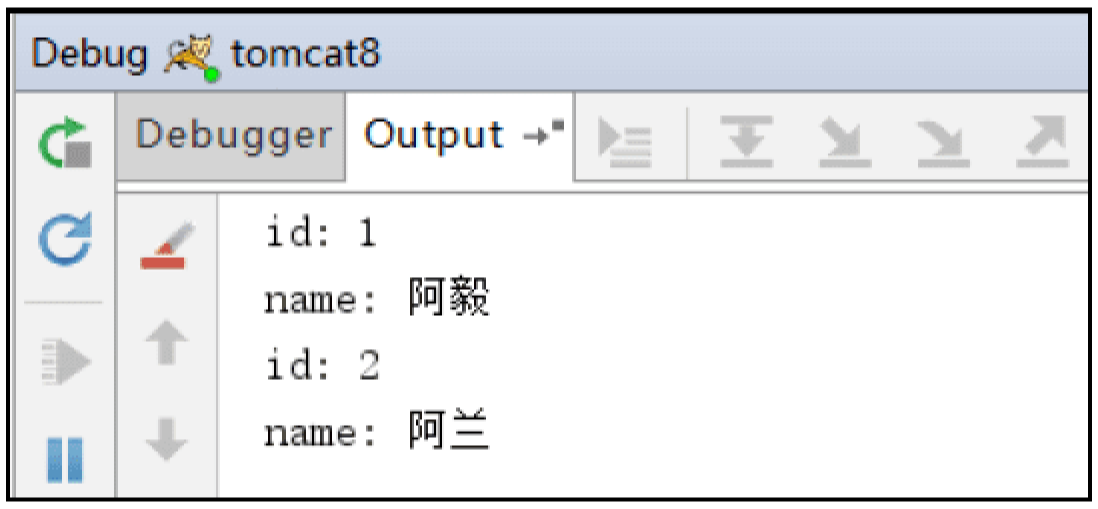


图 2-11　控制台打印信息

2.2.5　集成 Log4j 日志框架

Log4j 是 Apache 下的一个开源项目，通过使用 Log4j 可以将日志信息打印到控制台、文件等。也可以控制每一条日志的输出格式，通过定义每一条日志信息的级别，能够更加细致地控制日志的生成过程。

在应用程序中添加日志记录有三个目的：

（1）监视代码中变量的变化情况，周期性地记录到文件中供其他应用进行统计分析工作。

（2）跟踪代码运行时轨迹，作为日后审计的依据。

（3）担当集成开发环境中的调试器的作用，向文件或控制台打印代码的调试信息。

Log4j 中有三个主要的组件，它们分别是：Logger（记录器）、Appender（输出端）和 Layout（布局），这三个组件可以简单地理解为日志类别，日志要输出的地方和日志以何种形式输出。Log4j 原理如图 2-12 所示。

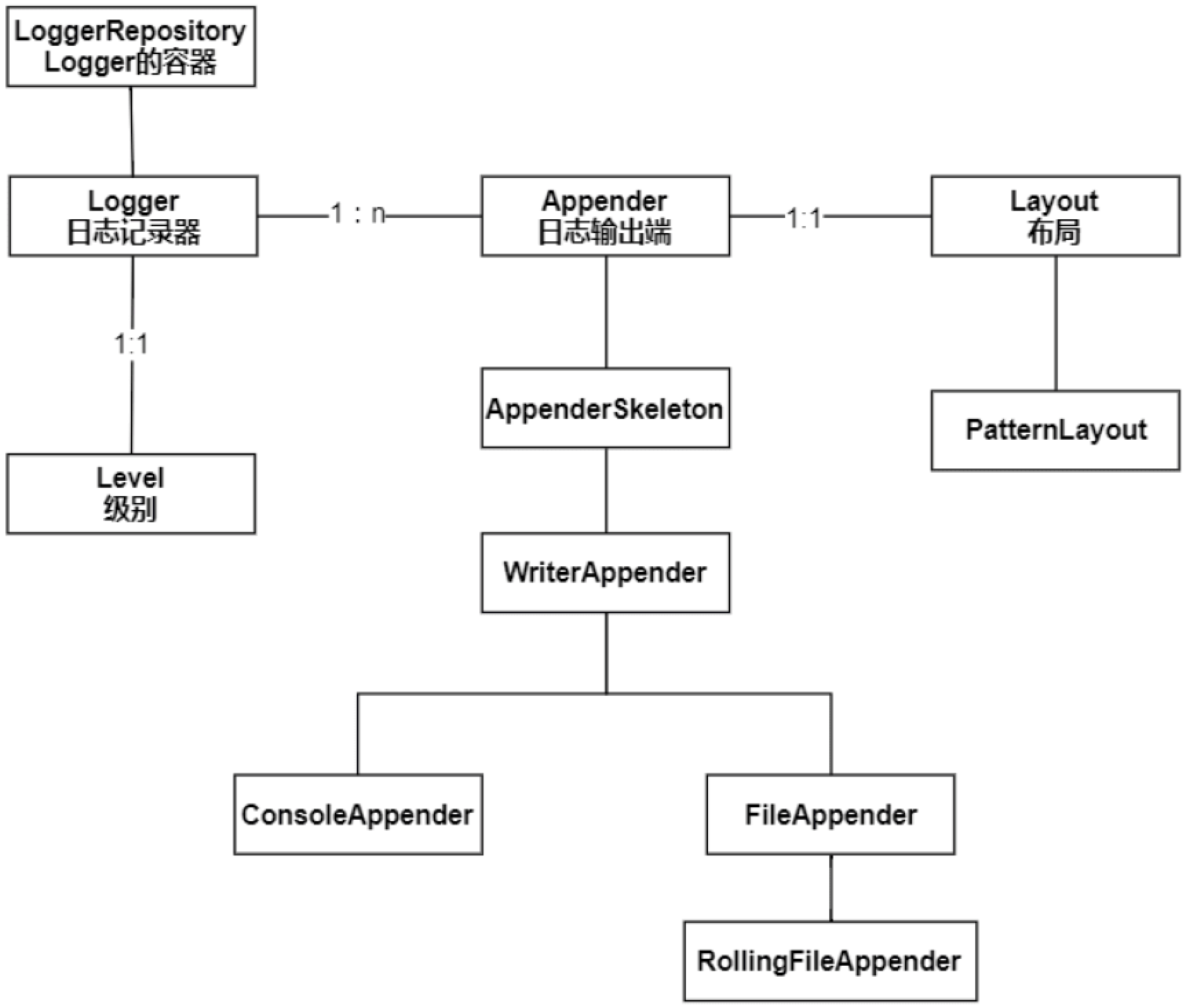


图 2-12　Log4j 日志框架简单原理图

- Logger（记录器）：Logger组件被分为7个级别：all、debug、info、warn、error、fatal、off。这7个级别是有优先级的：all<debug< info< warn< error< fatal<off，分别用来指定这条日志信息的重要程度。Log4j有一个规则：只输出级别不低于设定级别的日志信息。假设Logger级别设定为info，则info、warn、error和fatal级别的日志信息都会输出，而级别比info低的debug则不会输出。Log4j允许开发人员定义多个Logger，每个Logger拥有自己的名字，Logger之间通过名字来表明隶属关系。
- Appender（输出端）：Log4j日志系统允许把日志输出到不同的地方，如控制台（Console）、文件（Files）等，可以根据天数或者文件大小产生新的文件，可以以流的形式发送到其他地方等等。
- Layout（布局）：Layout的作用是控制Log信息的输出方式，也就是格式化输出的信息。

Log4j 支持两种配置文件格式，一种是 XML 格式的文件，一种是 Java 特性文件 log4j2.properties （键 = 值），properties 文件简单易读，而 XML 文件可以配置更多的功能（比如过滤），没有好坏，能够融会贯通就是最好的。具体的 XML 配置如下所示：

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Configuration status="WARN">
    <Appenders>
        <Console name="Console" target="SYSTEM_OUT">
            <PatternLayout pattern="%d{HH:mm:ss.SSS} [%t] %-5level %logger{36}
- %msg%n" />
        </Console>
    </Appenders>
    <Loggers>
        <Root level="debug">
            <AppenderRef ref="Console" />
        </Root>
    </Loggers>
</Configuration>
```

在 springmvc-mybatis-book 中集成 Log4j2，首先需要在 pom.xml 文件中引入所需的依赖，具体代码如下：

```
!-- log4j2 -->
<properties>
    //省略部分代码
    <slf4j.version>1.7.7</slf4j.version>
    <log4j.version>1.2.17</log4j.version>
  </properties>
<dependency>
      <groupId>log4j</groupId>
      <artifactId>log4j</artifactId>
      <version>${log4j.version}</version>
    </dependency>
    <dependency>
      <groupId>org.slf4j</groupId>
      <artifactId>slf4j-api</artifactId>
      <version>${slf4j.version}</version>
    </dependency>
    <dependency>
      <groupId>org.slf4j</groupId>
      <artifactId>slf4j-log4j12</artifactId>
      <version>${slf4j.version}</version>
    </dependency>
```

- slf4j-api：全称Simple Logging Facade For Java，为Java提供的简单日志Facade。Façade门面就是接口，它允许用户以自己的喜好，在项目中通过slf4j接入不同的日志系统。更直观一点，slf4j是个数据线，一端嵌入程序，另一端链接日志系统，从而实现将程序中的信息导入到日志系统并记录。
- slf4j-log4j12：链接slf4j-api和log4j的适配器。
- log4j：具体的日志系统。通过slf4j-log4j12初始化log4j，达到最终日志的输出。

slf4j-api、slf4j-log4j12 和 log4j 之间的关系如图 2-13 所示。

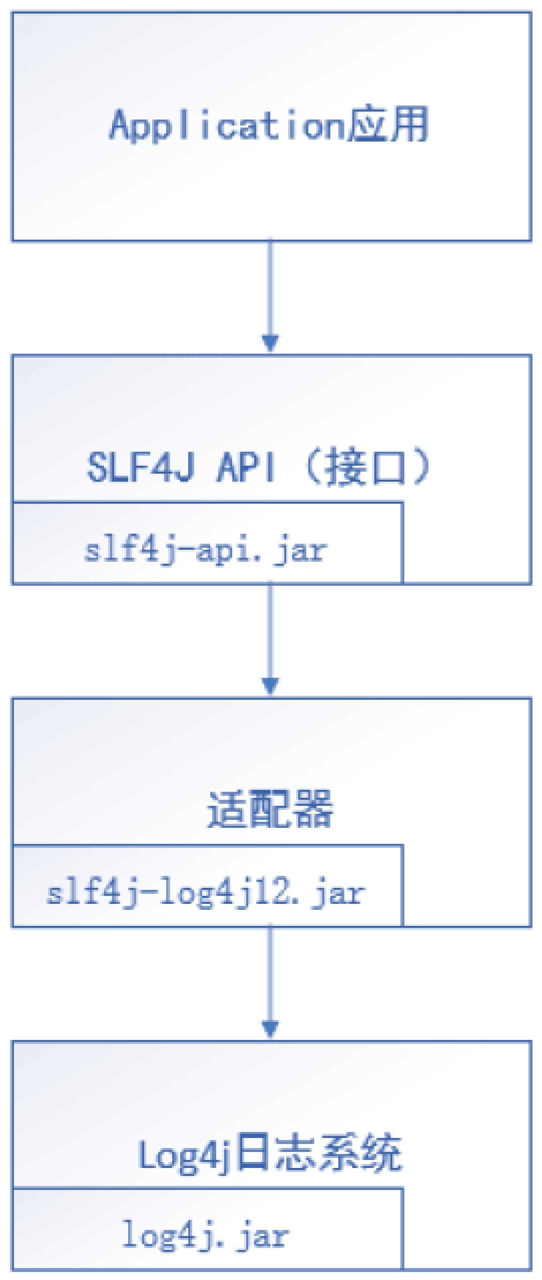


图 2-13　slf4j-api、slf4j-log4j12 和 log4j 的关系描述

集成 Log4j 的依赖包添加完成之后，在项目的/src/main/java/resources/下创建配置文件log4j.properties，具体代码如下所示：

```
###set log levels
log4j.rootLogger = DEBUG,Console

###输出到控制台
log4j.appender.Console=org.apache.log4j.ConsoleAppender
log4j.appender.Console.Target=System.out
log4j.appender.Console.layout=org.apache.log4j.PatternLayout
log4j.appender.Console.layout.ConversionPattern= %d{ABSOLUTE} %5p %c{1}:%L
- %m%n
```

在 log4j.properties 配置文件中，设置了日志级别和将日志输出到控制台。现在重新启动 springmvc-mybatis-book 项目，当可以在控制台看到相关的日志打印信息时，表示成功集成 Log4j 日志框架，具体如图 2-14 所示。

```
08:32:16,703 DEBUG DefaultListableBeanFactory:219 - Creating shared instance of singlet
08:32:16,705 DEBUG DefaultListableBeanFactory:467 - Creating instance of bean 'ayUserDa
08:32:16,705 DEBUG DefaultListableBeanFactory:573 - Eagerly caching bean 'ayUserDao' to
08:32:16,706 DEBUG DefaultListableBeanFactory:255 - Returning cached instance of singlet
08:32:16,707 DEBUG DefaultListableBeanFactory:1755 - Invoking afterPropertiesSet() on be
08:32:16,708 DEBUG DefaultListableBeanFactory:504 - Finished creating instance of bean '
08:32:16,712 DEBUG DefaultListableBeanFactory:504 - Finished creating instance of bean '
08:32:16,712 DEBUG DefaultListableBeanFactory:504 - Finished creating instance of bean '
08:32:16,713 DEBUG DefaultListableBeanFactory:219 - Creating shared instance of singlet
```

图 2-14 控制台打印的日志信息

2.2.6 集成 JUnit 测试框架

JUnit 是一个 Java 语言的单元测试框架。它由 Kent Beck 和 Erich Gamma 建立，逐渐成为源于 Kent Beck 的 sUnit 的 xUnit 家族中最为成功的一个。JUnit 有它自己的 JUnit 扩展生态圈，多数 Java 的开发环境都已经集成了 JUnit 作为单元测试的工具。

JUnit 是一个回归测试框架（regression testing framework）。JUnit 测试是程序员测试，即所谓白盒测试，因为程序员知道被测试的软件如何（How）完成功能和完成什么样（What）的功能。由于 JUnit 是一套框架，继承 TestCase 类，所以可以用 JUnit 进行自动测试。

在 springmvc-mybatis-book 项目中集成 JUnit 测试很简单，首先在项目的 pom.xml 配置文件中添加相关的依赖，具体代码如下：

```
<!-- junit -->
<dependency>
    <groupId>junit</groupId>
    <artifactId>junit</artifactId>
    <version>4.12</version>
</dependency>
```

然后，在项目的/src/main/test/com.ay.test 目录下创建测试基类 BaseJunit4Test，具体代码如下所示：

```
/**
 * 描述：测试基类
 * @author Ay
 * @create 2018/05/04
 **/
```

```
@RunWith(SpringJUnit4ClassRunner.class)
@ContextConfiguration(locations={"classpath:applicationContext.xml"})
public class BaseJunit4Test {
}
```

- @RunWith：参数化运行器，用于指定JUnit运行环境，是JUnit提供给其他框架测试环境接口扩展，为了便于使用Spring的依赖注入，Spring提供了SpringJUnit4ClassRunner作为JUnit测试环境。
- @ContextConfiguration：加载配置文件applicationContext.xml。

BaseJunit4Test 类开发完成之后，在/src/main/test/com.ay.test 目录下创建 AyUserDaoTest 测试类简单测试集成 Junit 框架是否成功，具体代码如下：

```
/**
 * 描述：用户 DAO 测试类
 * @author Ay
 * @create 2018/05/04
 **/
public class AyUserDaoTest extends BaseJunit4Test{

    @Resource
    private AyUserDao ayUserDao;

    @Test
    public void testFindAll(){
        List<AyUser> userList = ayUserDao.findAll();
        System.out.println(userList.size());
    }
}
```

AyUserDaoTest 类需要继承 BaseJunit4Test 测试基类。AyUserDaoTest 类代码开发完成之后，运行 testFindAll 方法，便可以在控制台看到相关的打印信息。

第 3 章

Spring 快速上手

本章主要回顾 Spring 的基础知识 IOC 和 AOP、IOC 和 AOP 背后的实现原理和设计模式。这些设计模式包括单例模式、简单工厂模式、工厂方法模式和动态代理模式等。

3.1 Spring IOC 和 DI

3.1.1 Spring IOC 和 DI 概述

学习 Spring，经常会联系到 Spring 的 IOC（控制反转）和 DI（依赖注入）。在 Spring 环境下这两个概念是等同的，控制反转是通过依赖注入来实现的。

IOC 是指原先我们代码里面需要实现的对象创建、维护对象间的依赖关系，反转给容器来帮忙实现。那么必然的我们需要创建一个容器，同时需要一种描述来让容器知道需要创建的对象与对象的关系。依赖注入的目的是为了解耦，体现一种“组合”的理念。继承一个父类，子类将与父类耦合，组合关系使耦合度大大降低。

Spring IOC 容器负责创建 Bean，并通过容器将 Bean 注入到需要的 Bean 对象上。同时 Spring IOC 容器还负责维护 Bean 对象与 Bean 对象之间的关系。那么，Spring IOC 如何来体现对象与对象之间的关系呢？Spring 提供了 XML 配置和 Java 配置等方式，具体看下面的实例：

```
@Service
public class AyUserServiceImpl implements AyUserService{

    @Resource
    private AyUserDao ayUserDao;

    public List<AyUser> findAll() {
        return ayUserDao.findAll();
    }
}
```

Spring 提供的注解有很多，比如声明 Bean 的注解和注入 Bean 的注解，这些注解在工作中经常被使用，所以有必要在这里重新回顾一下。

声明 Bean 的注解：

- @Component　没有明确的角色。
- @Service　在服务层（业务逻辑层）被使用。
- @Repository　在数据访问层（dao层）被使用。
- @Controller　在表现层（控制层）被使用。

注入 Bean 的注解：

- @Autowired　Spring提供的注解。
- @Resource　JSR-250提供的注解。

注意，@Resource 这个注解属于 J2EE 的，默认安照名称进行装配，名称可以通过 name 属性进行指定。如果没有指定 name 属性，当注解写在字段上时，默认取字段名进行查找。如果注解写在 setter 方法上默认取属性名进行装配。当找不到与名称匹配的 bean 时才按照类型进行装配。但是需要注意的是，如果 name 属性一旦指定，就只会按照名称进行装配。具体代码如下：

```
@Resource(name = "ayUserDao")
private AyUserDao ayUserDao;
```

而@Autowired 这个注解是属于 Spring 的，默认按类型装配。默认情况下要求依赖对象必须存在，如果要允许 null 值，可以设置它的 required 属性为 false，如：@Autowired(required=false)，如果我们想使用名称装配，可以结合@Qualifier 注解进行使用。具体代码如下：

```
@Autowired
@Qualifier("ayUserDao")
private AyUserDao ayUserDao;
```

3.1.2 单例模式

Spring 依赖注入 Bean 实例默认都是单例的，所以有必要来回顾一下单例模式。

对于一个软件系统的某些类而言，无须创建多个实例，例如 Windows 任务管理器，如图 3-1 所示。

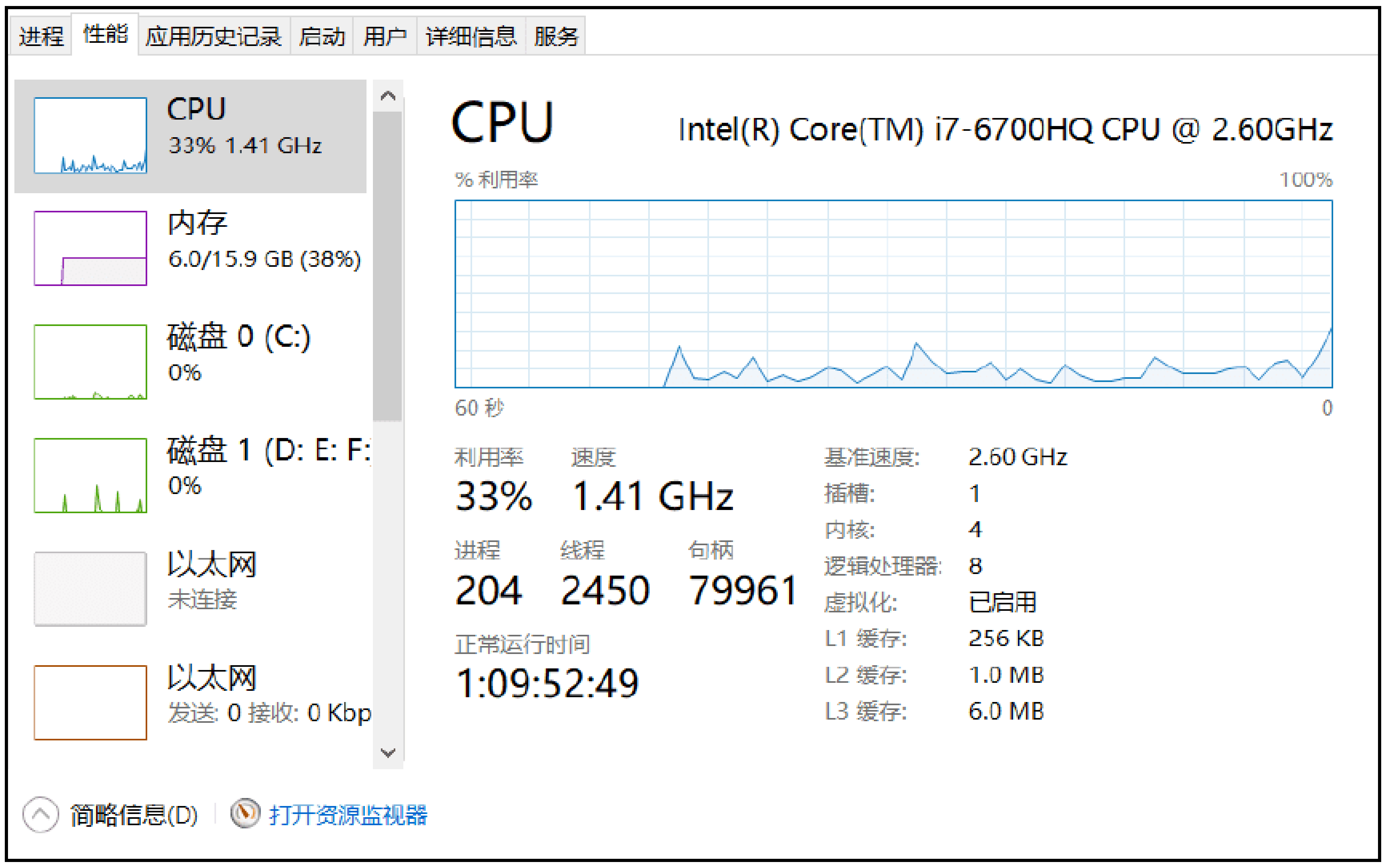


图 3-1 Window 任务管理器

我们没办法打开多个任务管理器，也就是说，在一个 Windows 系统中，任务管理器存在唯一性。为什么要这样设计呢？可以从以下两个方面来分析：其一，如果能弹出多个窗口，且这些窗口的内容完全一致，全部是重复对象，势必会浪费系统资源，任务管理器需要获取系统运行时的诸多信息，这些信息的获取需要消耗一定的系统资源，包括 CPU 资源及内存资源等，浪费是可耻的，而且根本没有必要显示多个内容完全相同的窗口；其二，如果弹出的多个窗口内容不一致，问题就更加严重了，这意味着在某一瞬间系统资源使用情况和进程、服务等信息存在多个状态，例如任务管理器窗口 A 显示“CPU 使用率”为 10%，窗口 B 显示“CPU 使用率”为 15%，到底哪个才是真实的呢？这纯属“调戏”用户，给用户带来误解，更不可取。由此可见，确保 Windows 任务管理器在系统中有且仅有一个非常重要。除了任务管理器外，数据库连接池、应用配置等都是使用单例的。

了解完单例模式的使用场景后，再来看看单例模式的定义。

- **单例模式（Singleton Pattern）**：确保某一个类只有一个实例，而且自行实例化并向整个系统提供这个实例，这个类称为单例类，它提供全局访问的方法。单例模式是一种对象创建型模式。

先来看一个传统的创建类的代码：

```
/**
 * 描述：传统创建类实例
 * @author Ay
 * @create 2018/1/23.
 */
public class Case_1 {

    public static void main(String[] args) {
        Singleton singleton = new Singleton();
        Singleton singleton2 = new Singleton();
    }
}

/**
 * 描述：单例类
 */
class Singleton{

}
```

上述代码中，每次 new Singleton()，都会创建一个 Singleton 实例，显然不符合一个类只有一个实例的要求。所以需要对上述代码进行修改，具体修改点如下：

```
/**
 * 描述：单例模式实例
 * @author Ay
 * @create 2018/1/23.
 */
public class Case_1 {
    public static void main(String[] args) {
        //Singleton singleton = new Singleton();
        //单例
        Singleton singleton = Singleton.getInstance();
    }
}

/**
 * 描述：单例类（饿汉模式）
 */
class Singleton{
```

```
    //step 2. 自行对外提供实例
    private static final Singleton singleton = new Singleton();
    //step 1.构造函数私有化
    private Singleton(){}
    //step 3. 提供外界可以获得该实例的方法
    public static Singleton getInstance(){
        return singleton;
    }
}
```

单例模式的写法有很多种，上述代码是一个最简单的饿汉模式的实现方法，在类加载的时候就创建了单例类的对象。由上述代码可知，实现一个单例模式总共有三个步骤：

（1）构造函数私有化。

（2）自行对外提供实例。

（3）提供外界可以获得该实例的方法。

与饿汉模式相对应的还有懒汉模式，懒汉模式有延迟加载的意思，具体代码如下：

```
/**
 * 描述：懒汉模式（存在多线程并发的问题，不是正确的写法）
 * @author Ay
 * @create 2018/04/14
 */
class Singleton{
    private static Singleton singleton = null;
    private Singleton(){}
    public static Singleton getInstance(){
        //1.判断对象是否创建
        if(null == singleton){
            //2.创建对象
            singleton = new Singleton();
        }
        return singleton;
    }
}
```

如果创建单例对象会消耗大量资源，那么延迟创建对象是一个不错的选择，但是懒汉模式有一个明显的问题，就是没有考虑线程安全问题，在多线程并发的情况下，会并发调用getInstance()方法，从而导致系统同时创建多个单例类实例，显然不符合要求。可以通过给getInstance()方法添加锁解决该问题，具体代码如下：

```
/**
 * 描述：懒汉模式（添加 synchronized 锁）
 * @author Ay
 * @create 2018/04/14
 */
class Singleton{
    private static Singleton singleton = null;
    private Singleton(){}
    public static synchronized Singleton getInstance(){
        //1.判断对象是否创建
        if(null == singleton){
            //2.创建对象
            singleton = new Singleton();
        }
        return singleton;
    }
}
```

添加 synchronized 锁虽然可以保证线程安全，但是每次访问 getInstance()方法的时候，都会有加锁和解锁操作，同时 synchronized 锁是添加在方法上面，锁的范围过大，而单例类是全局唯一的，锁的操作会成为系统的瓶颈。因此，需要对代码再进行优化，由此引出了“双重校验锁”的方式，具体代码如下：

```
/**
 * 描述：双重校验锁（指令重排问题）
 * @author Ay
 * @create 2018/04/14
 */
class Singleton{
    private static Singleton singleton = null;
    private Singleton(){}
    public static  Singleton getInstance(){
        //第一次校验
        if(singleton == null){
            synchronized(Singleton.class){
                //第二次检验
                if(singleton == null){
                    //创建对象，非原子操作
                    singleton = new Singleton();
                }
            }
```

```
        }
        return singleton;
    }
}
```

双重校验锁会出现指令重排的问题，所谓指令重排是指JVM为了优化指令，提高程序运行效率，在不影响单线程程序执行结果的前提下，尽可能地提高并行度。singleton = new Singleton()看似原子操作，其实不然，singleton = new Singleton()实际上可以抽象为下面几条JVM 指令：

```
//1：分配对象的内存空间
memory = allocate();
//2：初始化对象
ctorInstance(memory);
//3：设置 instance 指向刚分配的内存地址
singleton = memory;
```

上面操作 2 依赖于操作 1，但是操作 3 并不依赖于操作 2，所以 JVM 是可以针对它们进行指令的优化重排序的，经过重排序后如下：

```
//1：分配对象的内存空间
memory = allocate();
//3：instance 指向刚分配的内存地址，此时对象还未初始化
singleton = memory;
//2：初始化对象
ctorInstance(memory);
```

可以看到，指令重排之后，singleton 指向分配好的内存放在了前面，而这段内存的初始化被排在了后面。在线程 A 执行这段赋值语句，在初始化分配对象之前就已经将其赋值给 singleton 引用，恰好 B 线程进入方法判断 singleton 引用不为 null，然后就将其返回使用，导致程序出错。

为了解决指令重排的问题，可以使用 volatile 关键字修饰 singleton 字段。volatile 关键字的一个语义就是禁止指令的重排序优化，阻止 JVM 对其相关代码进行指令重排，这样就能够按照既定的顺序指令执行。修改后的代码如下：

```
/**
 * 描述：双重校验锁（volatile 解决指令重排问题）
 * @author Ay
 * @create 2018/04/14
 */
class Singleton{
```

```
    private static volatile  Singleton singleton = null;
    private Singleton(){}
    public static  Singleton getInstance(){
        if(singleton == null){
            synchronized(Singleton.class){
                if(singleton == null){
                    singleton = new Singleton();
                }
            }
        }
       return singleton;
    }
}
```

除了双重校验锁的写法外，比较推荐读者使用最后一种单例模式的写法：静态内部类的单例模式，具体代码如下：

```
/**
 * 描述：静态内部类单例模式（推荐的写法）
 * @author Ay
 * @create 2018/04/14
 */
class ___Singleton{

    //2：私有的静态内部类，类加载器负责加锁
    private static class SingletonHolder{
        private static ___Singleton singleton = new ___Singleton();
    }
    //1:私有化构造方法
    private ___Singleton(){}
    //3:自行对外提供实例
    public static ___Singleton getInstance(){
        return SingletonHolder.singleton;
    }
}
```

当第一次访问类中的静态字段时，会触发类加载，并且同一个类只加载一次。静态内部类也是如此，类加载过程由类加载器负责加锁，从而保证线程安全。这种写法相对于双重检验锁的写法，更加简洁明了，也更加不会出错。

3.1.3 Spring 单例模式源码解析

回顾完单例模式的内容，来看一下 Spring 的 BeanFactory 工厂如何实现单例模式。Spring 的依赖注入（包括 lazy-init 方式）都是发生在 AbstractBeanFactory 的 getBean 方法里。getBean 方法内部调用 doGetBean 方法，doGetBean 方法调用 getSingleton 方法进行 bean 的创建。非 lazy-init 方式，在容器初始化时进行调用，lazy-init 方式，在用户向容器第一次索要 bean 时进行调用。AbstractBeanFactory 类源码具体如下：

```
//省略代码
@Override
public Object getBean(String name) throws BeansException {
    return doGetBean(name, null, null, false);
}

protected <T> T doGetBean(final String name, @Nullable final Class<T>
            requiredType,@Nullable final Object[] args,
            boolean typeCheckOnly) throws BeansException {

    final String beanName = transformedBeanName(name);
    Object bean;

    // Eagerly check singleton cache for manually registered singletons.
        Object sharedInstance = getSingleton(beanName);
    //省略代码
}
@Nullable
protected Object getSingleton(String beanName, boolean allowEarlyReference) {
        Object singletonObject = this.singletonObjects.get(beanName);
        if (singletonObject == null && isSingletonCurrentlyInCreation
        (beanName)) {
            synchronized (this.singletonObjects) {
                singletonObject = this.earlySingletonObjects.get(beanName);
                if (singletonObject == null && allowEarlyReference) {
                    ObjectFactory<?> singletonFactory
                        = this.singletonFactories.get(beanName);
                    if (singletonFactory != null) {
                        singletonObject = singletonFactory.getObject();
                        this.earlySingletonObjects.put(beanName,
                                                       singletonObject);
```

```
                        this.singletonFactories.remove(beanName);
                    }
                }
            }
        }
        return singletonObject;
    }
```

从上面代码中可以看到，Spring 依赖注入时，使用了双重校验锁的单例模式。首先从缓存 singletonObjects（实际上是一个 ConcurrentHashMap）中获取 bean 实例，如果为 null，对缓存 singletonObjects 加锁，然后再从缓存 earlySingletonObjects（实际上是一个 HashMap）中获取 bean 实例，如果继续为 null，就创建一个 bean。在这里 Spring 并没有使用私有构造方法来创建 bean，而是通过 singletonFactory.getObject() 返回具体 beanName 对应的 ObjectFactory 来创建 bean。一路跟踪下去，发现实际上是调用了 AbstractAutowireCapableBeanFactory 的 doCreateBean 方法，返回了 BeanWrapper 包装并创建的 bean 实例。AbstractAutowireCapableBeanFactory 的 doCreateBean 方法部分代码如下：

```
    protected Object doCreateBean(final String beanName,
                final RootBeanDefinition mbd,final @Nullable Object[] args)
                throws BeanCreationException {
        // Instantiate the bean.
        BeanWrapper instanceWrapper = null;
        if (mbd.isSingleton()) {
            instanceWrapper = this.factoryBeanInstanceCache.remove(beanName);
        }
        if (instanceWrapper == null) {
            //创建 bean 实例，并返回 instanceWrapper
            instanceWrapper = createBeanInstance(beanName, mbd, args);
        }
        final Object bean = instanceWrapper.getWrappedInstance();
        Class<?> beanType = instanceWrapper.getWrappedClass();
        if (beanType != NullBean.class) {
            mbd.resolvedTargetType = beanType;
        }
        // Allow post-processors to modify the merged bean definition.
        synchronized (mbd.postProcessingLock) {
            if (!mbd.postProcessed) {
                try {
                    applyMergedBeanDefinitionPostProcessors(mbd,
                    beanType, beanName);
```

```
                    }
                    catch (Throwable ex) {
                    throw new BeanCreationException
                        (mbd.getResourceDescription(),beanName,
                        "Post-processing of merged bean definition failed", ex);
                    }
                    mbd.postProcessed = true;
                }
            }

            // Eagerly cache singletons to be able to resolve circular references
            // even when triggered by lifecycle interfaces like BeanFactoryAware.
            boolean earlySingletonExposure = (mbd.isSingleton() &&
                this.allowCircularReferences &&
                    isSingletonCurrentlyInCreation(beanName));
            if (earlySingletonExposure) {
                if (logger.isDebugEnabled()) {
                    logger.debug("Eagerly caching bean '" + beanName +
                    "' to allow for resolving potential circular references");
                }
            //增加 beanName 和 ObjectFactory 的键值对应关系
            //获取 bean 的所有后处理器，并进行处理
            addSingletonFactory(beanName, () ->
                                getEarlyBeanReference(beanName, mbd, bean));
            }

    //省略大量代码
    }
```

- createBeanInstance(beanName, mbd, args)：创建bean实例并返回instanceWrapper。
- addSingletonFactory：增加beanName和ObjectFactory的键值对应关系。
- getEarlyBeanReference(beanName, mbd, bean)：获取bean的所有后处理器，并进行处理。如果是SmartInstantiationAwareBeanPostProcessor类型，就进行处理，如果没有相关处理内容，就返回默认的实现。

getEarlyBeanReference 的具体代码如下：

```
protected Object getEarlyBeanReference(String beanName,
                                    RootBeanDefinition mbd, Object bean) {
        Object exposedObject = bean;
        if (!mbd.isSynthetic() && hasInstantiationAwareBeanPostProcessors()){
            for (BeanPostProcessor bp : getBeanPostProcessors()) {
                if (bp instanceof SmartInstantiationAwareBeanPostProcessor){
                    SmartInstantiationAwareBeanPostProcessor ibp
                    = (SmartInstantiationAwareBeanPostProcessor) bp;
                    exposedObject
                    = ibp.getEarlyBeanReference(exposedObject, beanName);
                }
            }
        }
        return exposedObject;
    }
```

3.1.4 简单工厂模式详解

Spring 的 Bean 工厂大量使用工厂方法模式，而工厂方法模式是以简单工厂模式为基础的，所以有必要先来回顾下简单工厂模式的基础知识。

简单工厂模式（Simple Factory Pattern）用来定义一个工厂类，它可以根据参数的不同返回不同类的实例，被创建的实例通常都具有共同的父类。因为在简单工厂模式中用于创建实例的方法是静态（static）方法，因此简单工厂模式又被称为静态工厂方法（Static Factory Method）模式，它属于类创建型模式。

简单工厂模式的要点在于，当你需要什么，只需要传入一个正确的参数，就可以获取你所需要的对象，而无须知道其创建细节。简单工厂模式结构比较简单，其核心是工厂类的设计，其结构如图 3-2 所示。

在简单工厂模式结构图中包含如下几个角色。

- **Factory（工厂角色）**：工厂角色即工厂类，它是简单工厂模式的核心，负责实现创建所有产品实例的内部逻辑；工厂类可以被外界直接调用，创建所需的产品对象；在工厂类中提供了静态的工厂方法 factoryMethod()，它的返回类型为抽象产品类型 Product。
- **Product（抽象产品角色）**：它是工厂类所创建的所有对象的父类，封装了各种产品对象的公有方法，它的引入将提高系统的灵活性，使得在工厂类中只需定义一个通用的工厂方法，因为所有创建的具体产品对象都是其子类对象。

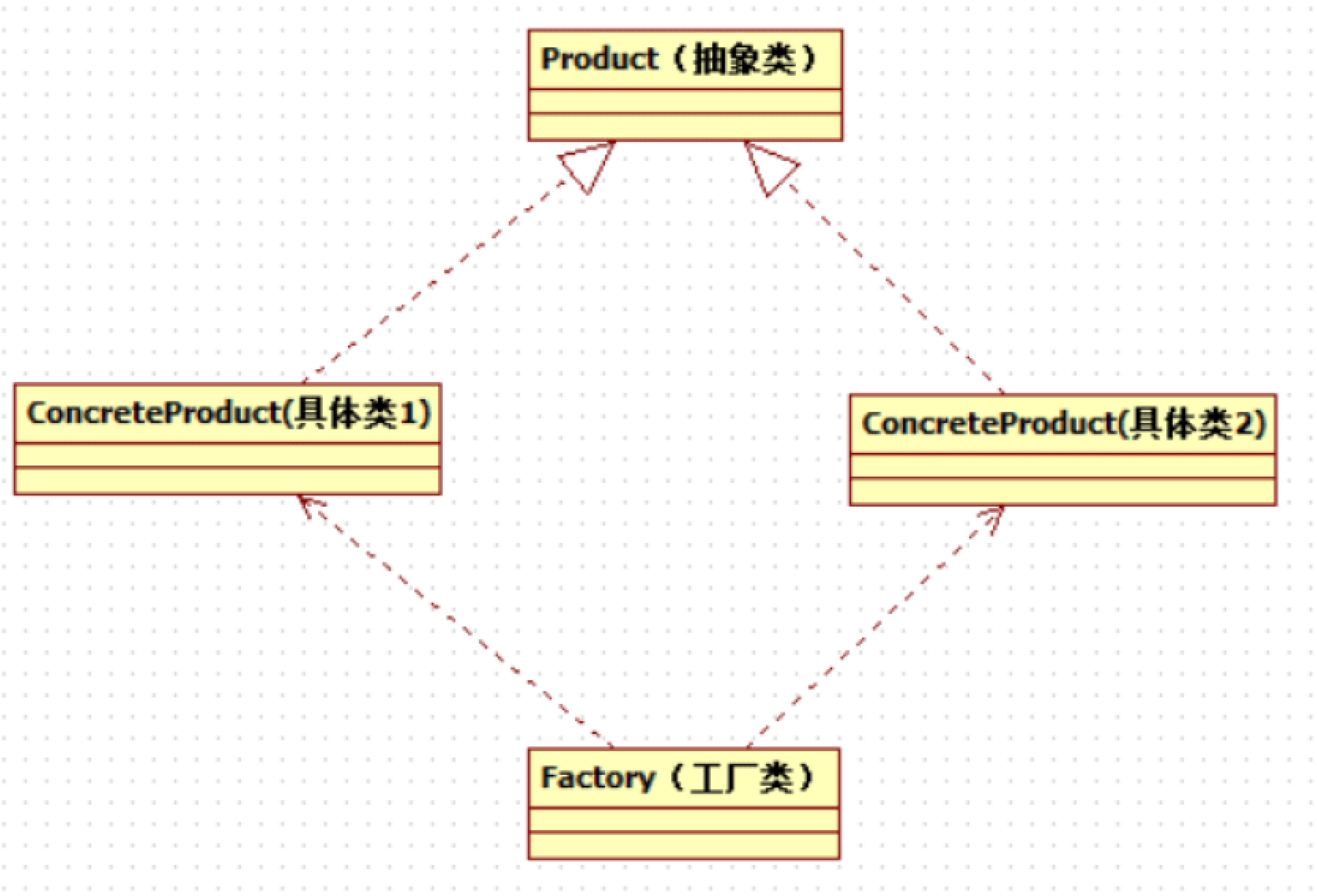


图 3-2　简单工厂模式结构图

- ConcreteProduct（具体产品角色）：它是简单工厂模式的创建目标，所有被创建的对象都充当这个角色的某个具体类的实例。每一个具体产品角色都继承了抽象产品角色，需要实现在抽象产品中声明的抽象方法。

来看一个简单工厂模式的例子：

```
/**
 * 描述：交通工具（简单工厂模式）
 * @author Ay
 * @create 2018/1/19.
 */
public class SimpleFactoryPattern {

    public static void main(String[] args) {
            //根据需要传入相关的交通工具名称，获取交通工具实例
        Vehicle vehicle = Factory.produce("car");
        vehicle.run();
    }
}
/**
 * 工厂类
 */
class Factory{
```

```
    //静态方法，生产交通工具
    public static Vehicle produce(String type){
        Vehicle vehicle = null;
        if(type.equals("car")){
            vehicle = new _Car();
            return vehicle;
        }
        if(type.equals("bus")){
            vehicle = new _Bus();
            return vehicle;
        }
        if(type.equals("bicycle")){
            vehicle = new _Bicycle();
            return vehicle;
        }
        return vehicle;
    }
}

/**
 * 交通工具（抽象类）
 */
interface Vehicle{

    void run();
}

/**
 * 汽车（具体类）
 */
class Car implements Vehicle{

    @Override
    public void run() {
        System.out.println("car run...");
    }
}

/**
 * 公交车（具体类）
```

```
 */
class Bus implements Vehicle{
    @Override
    public void run() {
        System.out.println("bus run...");
    }
}

/**
 * 自行车（具体类）
 */
class Bicycle implements Vehicle{
    @Override
    public void run() {
        System.out.println("bicycle run...");
    }
}
```

上述代码中，交通工具都被抽象为 Vehicle 类，而 Car、Bus、Bicycle 类是 Vehicle 类的实现类，并实现 Vehicle 的 run 方法，打印相关的信息。Factory 是工厂类，类中的静态方法 produce 根据传入的不同的交通工具的类型，生产相关的交通工具，返回抽象产品类 Vehicle。上述代码的类结构如图 3-3 所示。

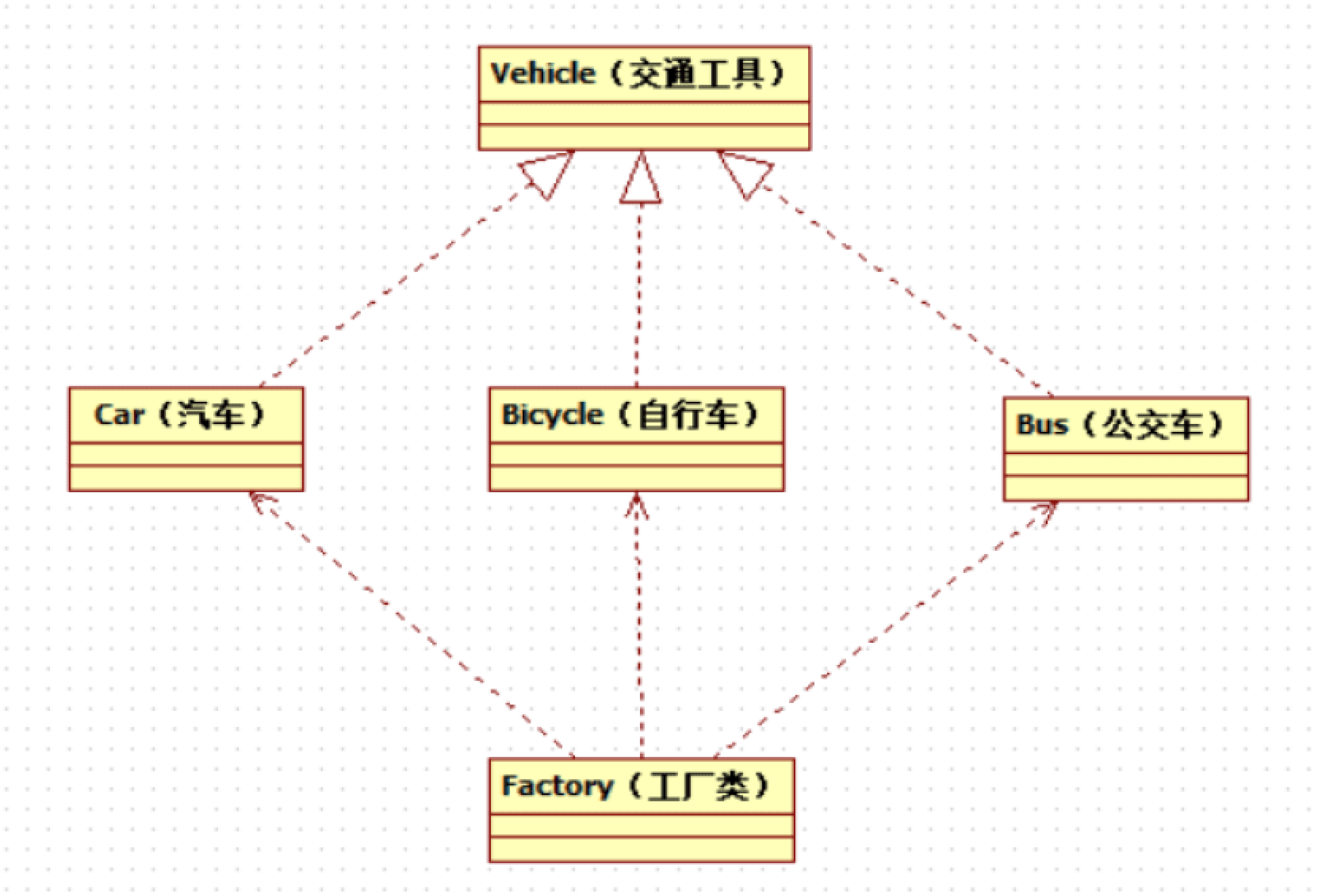


图 3-3　汽车与工厂类结构图

简单工厂模式的主要优点如下：

（1）工厂类包含必要的判断逻辑，可以决定在什么时候创建哪一个产品类的实例，客户端可以免除直接创建产品对象的职责，而仅仅“消费”产品，简单工厂模式实现了对象创建和使用的分离。

（2）客户端无须知道所创建的具体产品类的类名，只需要知道具体产品类所对应的参数即可，对于一些复杂的类名，通过简单工厂模式可以在一定程度减少使用者的记忆量。

简单工厂模式的主要缺点如下：

（1）由于工厂类集中了所有产品的创建逻辑，职责过重，一旦不能正常工作，整个系统都会受到影响。

（2）使用简单工厂模式势必会增加系统中类的个数（引入了新的工厂类），增加了系统的复杂度和理解难度。

（3）系统扩展困难，一旦添加新产品就不得不修改工厂逻辑，在产品类型较多时，有可能造成工厂逻辑过于复杂，不利于系统的扩展和维护。

（4）简单工厂模式由于使用了静态工厂方法，造成工厂角色无法形成基于继承的等级结构。

3.1.5 工厂方法模式详解

在简单工厂模式中只提供一个工厂类，它需要知道每一个产品对象的创建细节，并决定何时实例化哪一个产品类。简单工厂模式最大的缺点是当有新产品要加入到系统中时，必须修改工厂类，需要在其中加入必要的业务逻辑，这违背了“开闭原则”。此外，在简单工厂模式中，所有的产品都由同一个工厂创建，工厂类职责较重，业务逻辑较为复杂，具体产品与工厂类之间的耦合度高，严重影响了系统的灵活性和扩展性，而工厂方法模式则可以很好地解决这一问题。

在工厂方法模式中，不再提供一个统一的工厂类来创建所有的产品对象，而是针对不同的产品提供不同的工厂，系统提供一个与产品等级结构对应的工厂等级结构。

工厂方法模式的定义：工厂方法模式（Factory Method Pattern）用来定义一个用于创建对象的接口，让子类决定将哪一个类实例化。工厂方法模式让一个类的实例化延迟到其子类。工厂方法模式又简称为工厂模式（Factory Pattern），还可称作虚拟构造器模式（Virtual Constructor Pattern）或多态工厂模式（Polymorphic Factory Pattern）。工厂方法模式是一种类创建型模式。

工厂方法模式提供一个抽象工厂接口来声明抽象工厂方法，而由其子类来具体实现工厂方法，创建具体的产品对象。工厂方法模式结构如图 3-4 所示。

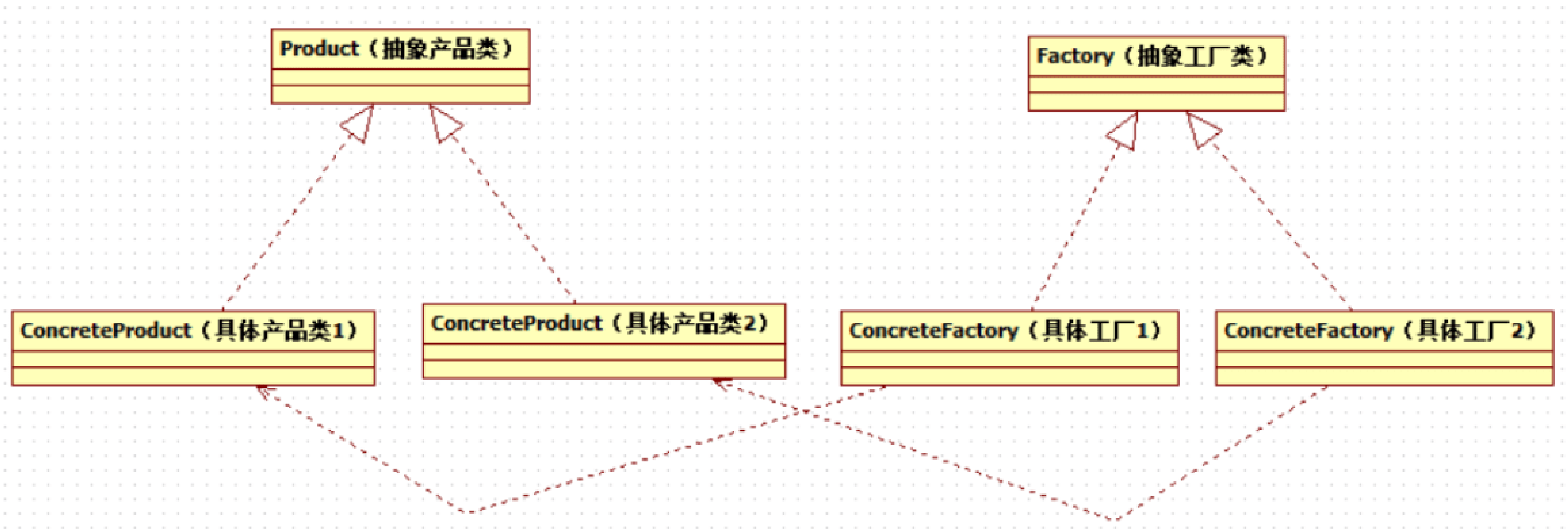


图 3-4 工厂方法模式类结构图

在工厂方法模式结构图中包含如下几个角色。

- Product（抽象产品类）：它是定义产品的接口，是工厂方法模式所创建对象的超类型，也就是产品对象的公共父类。
- ConcreteProduct（具体产品类）：它实现了抽象产品接口，某种类型的具体产品由专门的具体工厂创建，具体工厂和具体产品之间一一对应。
- Factory（抽象工厂类）：在抽象工厂类中，声明了工厂方法（Factory Method），用于返回一个产品。抽象工厂是工厂方法模式的核心，所有创建对象的工厂类都必须实现该接口。
- ConcreteFactory（具体工厂类）：它是抽象工厂类的子类，实现了抽象工厂中定义的工厂方法，并可由客户端调用，返回一个具体产品类的实例。

下面来看一个汽车与工厂实例，具体代码如下：

```
/**
 * 描述：汽车与工厂（工厂方法模式）
 * @author Ay
 * @create 2018/1/19.
 */
public class FactoryMethodPattern {
    public static void main(String[] args) throws Exception {
        //生产汽车
        Factory carFactory = new CarFactory();
        Vehicle car = carFactory.produce();
        car.run();
        //生产公交车
        Factory busFactory = new BusFactory();
        Vehicle bus = busFactory.produce();
        bus.run();
```

```
        //生产自行车
        BicycleFactory bicycleFactory = new BicycleFactory();
        Vehicle bicycle = bicycleFactory.produce();
        bicycle.run();
    }
}
/**
 * 抽象工厂类
 */
interface Factory {
    //生产
    Vehicle produce();
}
/**
 * 汽车工厂
 */
class CarFactory implements Factory {
    @Override
    public Vehicle produce() {
        return new Car();
    }
}

/**
 * 公交车工厂
 */
class BusFactory implements Factory {
    @Override
    public Vehicle produce() {
        return new Bus();
    }
}
/**
 * 自行车工厂
 */
class BicycleFactory implements Factory{
    @Override
    public Vehicle produce() {
        return new Bicycle();
    }
```

```
}
/**
*交通工具
*/
interface Vehicle {
    void run();
}

/**
 * 汽车
 */
class Car implements Vehicle {
    @Override
    public void run() {
        System.out.println("car run...");
    }
}

/**
 * 公交车
 */
class Bus implements Vehicle {
    @Override
    public void run() {
        System.out.println("bus run...");
    }
}

/**
 * 自行车
 */
class Bicycle implements Vehicle {
    @Override
    public void run() {
        System.out.println("bicycle run...");
    }
}
```

上述代码中，Vehicle 类是抽象产品类，而 Car、Bus、Bicycle 类是具体产品类，并且实现 Vehicle 类的 run 方法。每一种具体产品类都有一一对应的工厂类 CarFactory、BusFactory、

BicycleFactory 等，所有的工厂都有共同的抽象父类 Factory。汽车与工厂具体的类结构如图 3-5 所示。

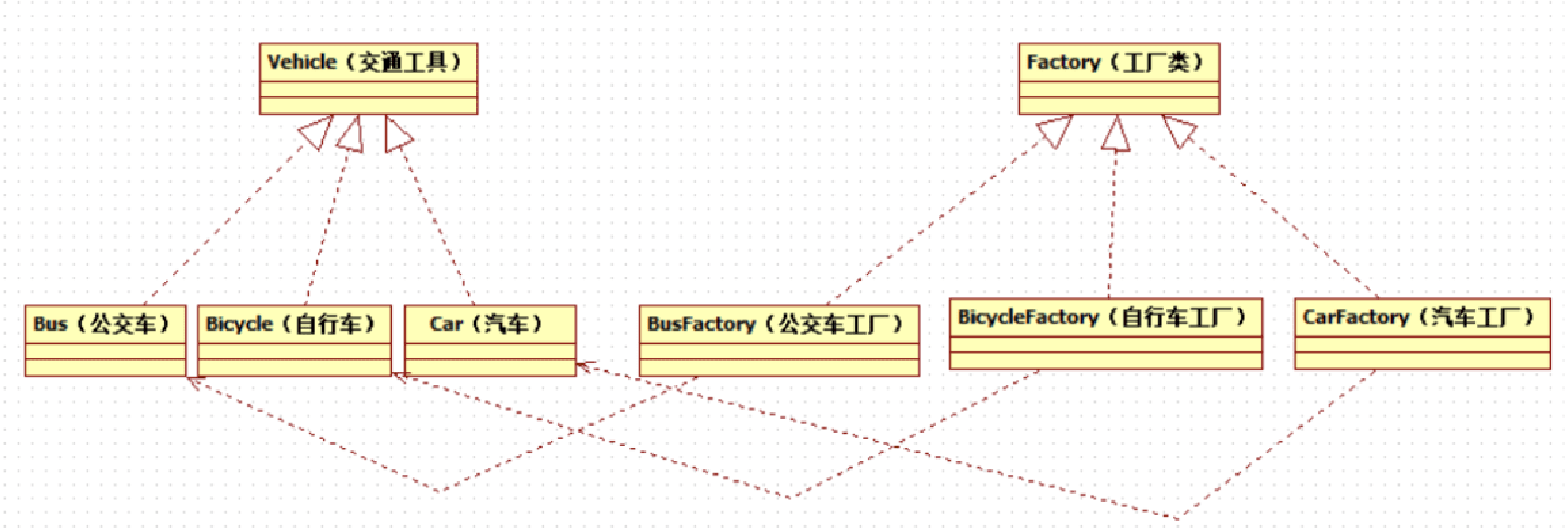


图 3-5　汽车与工厂类结构图

与简单工厂模式相比，工厂方法模式最重要的区别是引入了抽象工厂角色，抽象工厂可以是接口，也可以是抽象类或者具体类。在抽象工厂中声明了工厂方法但并未实现工厂方法，具体产品对象的创建由其子类负责，客户端针对抽象工厂编程，可在运行时再指定具体工厂类，具体工厂类实现了工厂方法，不同的具体工厂可以创建不同的具体产品。

3.1.6　Spring Bean 工厂类详解

Spring 的 bean 工厂类都是存放在 spring-beans-5.0.3.RELEASE.jar 包中的，可以使用 Intellij IDEA 查看 Spring 的类结构图，具体方法是：【打开 DefaultListableBeanFactory 类】→【右键】→【Diagrams】→【Show Diagram】→【Java Class Diagrams】，便可打开如图 3-6 所示的 Spring Bean 工厂类结构图。

- BeanFactory：定义获取bean及bean的各种属性。
- SimgletonBeanRegistry：定义对单例的注册及获取。
- DefaultSimgletonBeanRegistry：对接口SimgletonBeanRegistry函数的实现。
- FactoryBeanRegistrySupport：在 DefaultSimgletonBeanRegistry 基础上增加了对BeanRegistry的特殊处理功能。
- HierachicalBeanFactory：继承BeanFactory，在BeanFactory定义的功能的基础上增加了对parentFactory的支持。
- ListableBeanFactory：根据条件获取bean的配置清单。
- ConfigurableBeanFactory：提供配置Factory的各种方法。
- AbstractBeanFactory：综合FactoryBeanRegistrySupport和ConfigurableBeanFactory的功能。

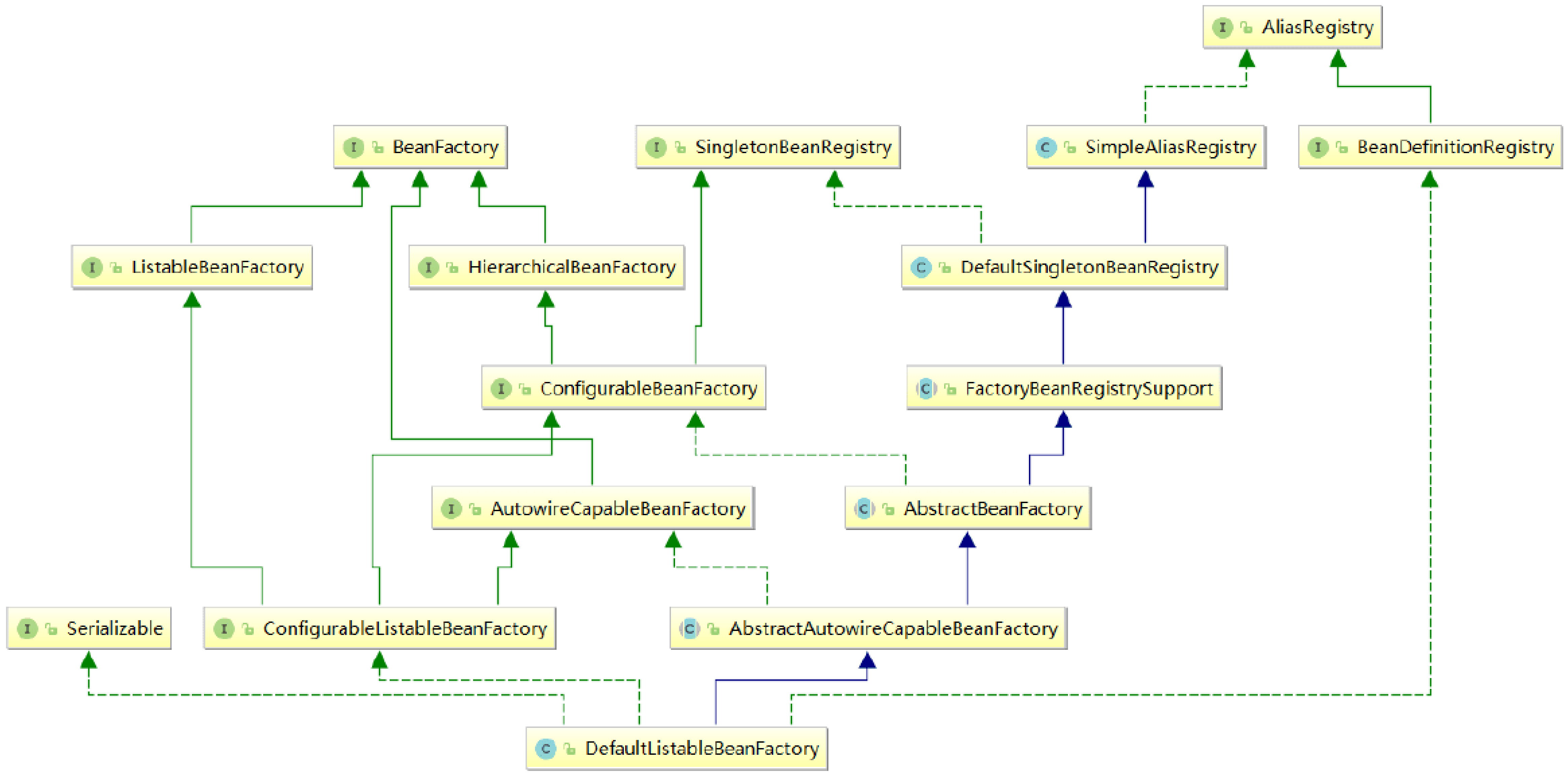


图 3-6　Spring Bean 工厂类结构图

- AutowireCapableBeanFactory：提供创建bean、自动注入、初始化以及应用bean的后处理器。
- ConfigurableListableBeanFactory：BeanFactory配置清单，指定忽略类型及接口等。
- AbstractAutowireCapableBeanFactory：综合AbstractBeanFactory并对接口Autowire-CapableBeanFactory进行实现。
- DefaultListableBeanFactory：整个Bean加载的核心部分，是Spring注册和加载Bean的默认实现。

Spring 源码中有非常多的地方用到了工厂模式，几乎是无处不见，但是笔者决定以读者最为常用的 Bean 来讲解，用 Spring 很多程度上是依赖它的对象管理，也就是 IOC 容器对于 Bean 的管理，Spring 的 IOC 容器如何创建和管理 Bean 其实是比较复杂的，它并不在我们本书的讨论范围中，我们关心的是 Spring 如何利用工厂模式来实现更加优良的松耦合设计。

接下来看一下 Spring 中非常重要的一个类 AbstractFactoryBean 是如何利用工厂模式的。

```
public abstract class AbstractFactoryBean<T> implements FactoryBean<T>,
BeanClassLoaderAware, BeanFactoryAware, InitializingBean, DisposableBean {
        /**
        * Expose the singleton instance or create a new prototype instance.
        * @see #createInstance()
        * @see #getEarlySingletonInterfaces()
        */
```

```
        @Override
        public final T getObject() throws Exception {
            if (isSingleton()) {
                return (this.initialized ?
                    this.singletonInstance : getEarlySingletonInstance());
            }
            else {
                return createInstance();
            }
        }

        protected abstract T createInstance() throws Exception;
    }
```

- AbstractFactoryBean：实现FactoryBean类，主要是实现getObject方法，返回Bean实例。
- getObject()：如果是单例且已经创建，返回单例模式，未创建调用getEarlySingletonInstance方法，不是单例模式，调用createInstance方法。
- createInstance()：由子类负责创建具体对象。

3.2　Spring AOP

3.2.1　Spring AOP 概述

AOP 为 Aspect Oriented Programming 的缩写，意为面向切面编程，通过预编译方式和运行期动态代理实现程序功能的统一维护的一种技术。AOP 是 OOP 的延续，是软件开发中的一个热点，也是 Spring 框架中的一个重要内容，是函数式编程的一种衍生范型。利用 AOP 可以对业务逻辑的各个部分进行隔离，从而使得业务逻辑各部分之间的耦合度降低，提高程序的可重用性和开发效率。

AOP 主要的功能有日志记录、性能统计、安全控制、事务处理和异常处理等。

3.2.2　Spring AOP 核心概念

首先，来简单理解一下什么是切面，具体请看图 3-1 所示。

Spring AOP 切面简单理解就像一把刀，在代码执行过程中，可以随意地插入或拔出。在插入的位置或拔出的位置可以“任意妄为”地做自己喜欢的事情，比如记录日志、控制事务、安全验证服务，等等。

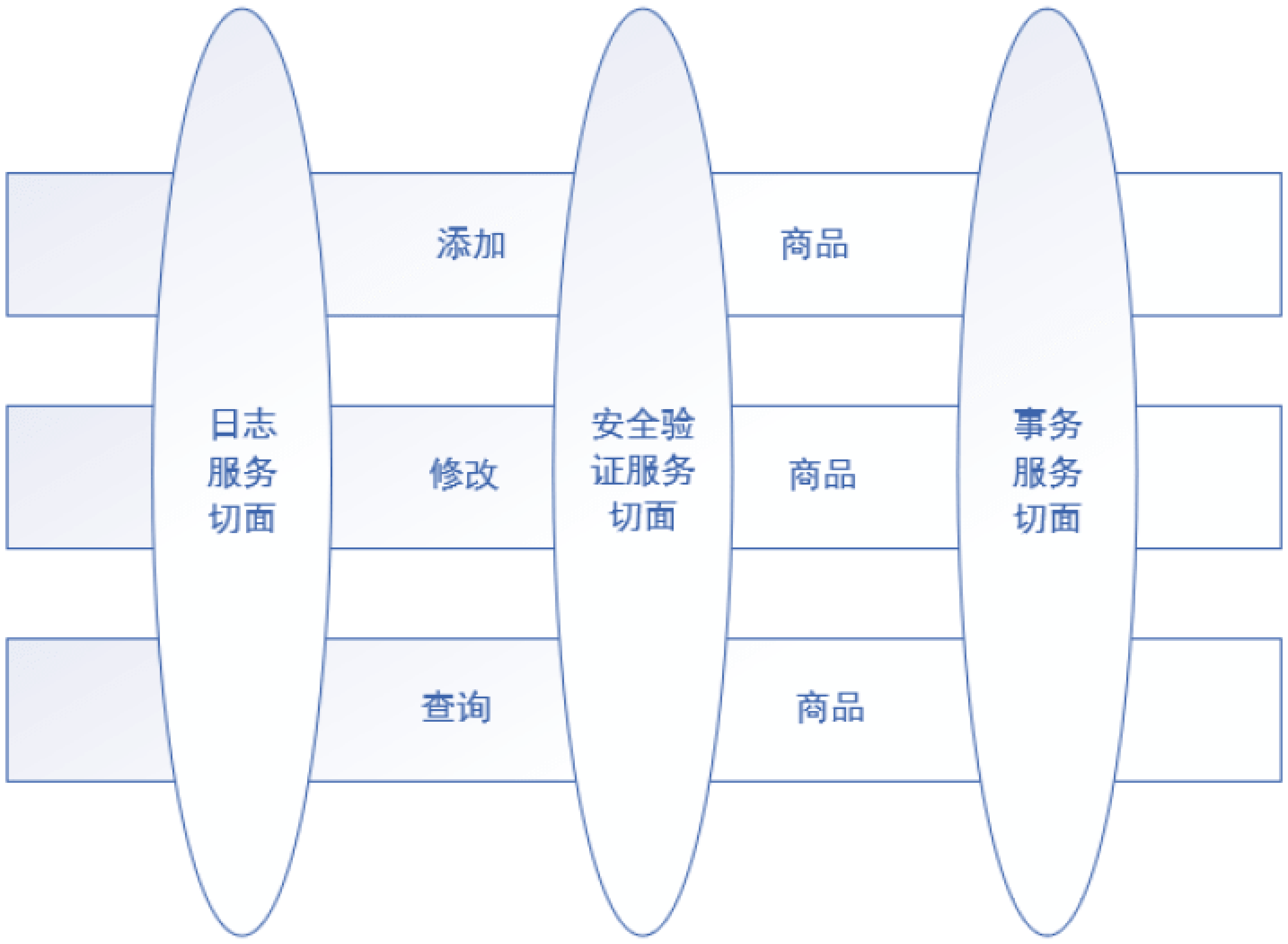


图 3-7　Spring AOP 切面

Spring AOP 核心概念如表 3-1 所示。

表 3-1　Spring AOP 核心概念

名　　称	说　　明
横切关注点	对哪些方法进行拦截，拦截后怎么处理，这些关注点称之为横切关注点
切面（aspect）	类是对物体特征的抽象，切面就是对横切关注点的抽象
连接点（joinpoint）	被拦截到的点，因为 Spring 只支持方法类型的连接点，所以在 Spring 中连接点指的就是被拦截到的方法，实际上连接点还可以是字段或构造器
切入点（pointcut）	对连接点进行拦截的定义
通知（advice）	所谓通知指的就是指拦截到连接点之后要执行的代码，通知分为前置、后置、异常、最终、环绕通知 5 类
目标对象	代理的目标对象
织入（weave）	将切面应用到目标对象并导致代理对象创建的过程
引入（introduction）	在不修改代码的前提下，引入可以在运行期为类动态地添加一些方法或字段

Spring AOP 通知（advice）分成 5 类，具体如表 3-2 所示。

表 3-2　Advice 通知类型

名　　称	说　　明
前置通知（Before advice）	在连接点前面执行，前置通知不会影响连接点的执行，除非此处抛出异常
正返回通知（After returning advice）	在连接点正常执行完成后执行，如果连接点抛出异常，则不会执行

（续表）

名　　称	说　　明
异常返回通知（After throwing advice）	在连接点抛出异常后执行
后通知（After（finally）advice）	在连接点执行完成后执行，不管是正常执行完成，还是抛出异常，都会执行返回通知中的内容
环绕通知（Around advice）	环绕通知围绕在连接点前后，比如一个方法调用的前后。这是最强大的通知类型，能在方法调用前后自定义一些操作。环绕通知还需要负责决定是继续处理 join point（调用 ProceedingJoinPoint 的 proceed 方法）还是中断执行

3.2.3 JDK 动态代理实现日志框架

Spring AOP 内部是使用动态代理模式来实现的，这一节通过动态代理模式来实现最简单的日志框架，帮助读者快速理解 Spring AOP 的内部实现原理。

首先，在 springmvc-mybatis-book 项目包 com.ay.test 下创建业务接口类 BusinessClassService，具体代码如下：

```
package com.ay.test;
/**
 * 描述：业务类接口
 * @author Ay
 * @create 2018/04/22
 **/
public interface BusinessClassService {

    void doSomeThing();
}
```

BusinessClassService 业务接口类可以理解为日常开发业务创建的接口类，接口中有一个简单的方法 doSomeThing。然后，开发业务类的实现类 BusinessClassServiceImpl，具体代码如下：

```
package com.ay.test;

/**
 * 描述：业务实现类
 * @author Ay
 * @create 2018/04/22
 **/
public class BusinessClassServiceImpl implements BusinessClassService{

    /**
```

```
     * 处理业务
     */
    public void doSomeThing(){
        System.out.println("do something ......");
    }
}
```

实现类 BusinessClassServiceImpl 实现了 BusinessClassService 接口，并实现了 doSomeThing 方法，在方法中打印“do something ......”。

接着，开发日志接口类 MyLogger，具体代码如下：

```
package com.ay.test;
import java.lang.reflect.Method;
/**
 * 描述：日志类接口
 * @author Ay
 * @create 2018/04/22
 **/
public interface MyLogger {
    /**
     * 纪录进入方法时间
     */
    void saveIntoMethodTime(Method method);
    /**
     * 纪录退出方法时间
     */
    void saveOutMethodTime(Method method);
}
```

- saveIntoMethodTime：记录进入方法的时间。
- saveOutMethodTime：记录退出方法的时间。

接口类 MyLogger 开发完成之后，用 MyLoggerImpl 类实现它，具体代码如下：

```
package com.ay.test;
import java.lang.reflect.Method;

/**
 * 描述：日志实现类
 * @author Ay
 * @create 2018/04/22
 **/
```

```
public class MyLoggerImpl implements MyLogger {

    public void saveIntoMethodTime(Method method) {
        System.out.println("进入" + method.getName()  +
                                   "方法时间为: " + System.currentTimeMillis());
    }

    public void saveOutMethodTime(Method method) {
        System.out.println("退出" + method.getName() + "方法时间为: " +
                                   System.currentTimeMillis());
    }
}
```

MyLoggerImpl 类实现接口 MyLogger，并实现 saveIntoMethodTime 和 saveOutMethodTime 方法，在方法内部打印进入/退出方法的时间。

最后，实现最重要的类 MyLoggerHandler，具体代码如下：

```
package com.ay.test;
import javax.annotation.Resource;
import java.lang.reflect.InvocationHandler;
import java.lang.reflect.Method;

/**
 * 描述：日志类 Handler
 * @author Ay
 * @create 2018/04/22
 **/
public class MyLoggerHandler implements InvocationHandler {

    //原始对象
    private Object objOriginal;
    //这里很关键
    private MyLogger myLogger = new MyLoggerImpl();

    public MyLoggerHandler(Object obj){
        super();
        this.objOriginal = obj;
    }

    public Object invoke(Object proxy, Method method, Object[] args) throws
Throwable {
```

```
        Object result = null;
        //日志类的方法：保存进入方法的时间
        myLogger.saveIntoMethodTime(method);
        //调用代理类方法
        result = method.invoke(this.objOriginal ,args);
        //日志类方法：保存退出方法的时间
        myLogger.saveOutMethodTime(method);
        return result;
    }
}
```

- InvocationHandler：该接口中仅定义了一个方法：public Object invoke(Object obj, Method method, Object[] args)，在使用时，第一个参数obj一般是指代理类，method是被代理的方法，args为该方法的参数数组。这个抽象方法在代理类中动态实现。

所有的代码开发完成之后，开发测试类 MyLoggerTest 进行测试，具体代码如下：

```
package com.ay.test;
import java.lang.reflect.Proxy;
/**
 * 描述：测试类
 * @author Ay
 * @create 2018/04/22
 **/
public class MyLoggerTest {

    public static void main(String[] args) {
        //实例化真实项目中业务类
        BusinessClassService businessClassService =
                                new BusinessClassServiceImpl();
        //日志类的 handler
        MyLoggerHandler myLoggerHandler =
                                new MyLoggerHandler(businessClassService);
        //获得代理类对象
        BusinessClassService businessClass = (BusinessClassService)
        Proxy.newProxyInstance(businessClassService.getClass().
        getClassLoader(),businessClassService.getClass().getInterfaces(),
        myLoggerHandler);
        //执行代理类方法
        businessClass.doSomeThing();
    }
}
```

- Proxy.newProxyInstance：该类即为动态代理类，static Object newProxyInstance (ClassLoader loader, Class[] interfaces, InvocationHandler h)，返回代理类的一个实例，返回后的代理类可以当作被代理类使用。在Proxy.newProxyInstance方法中，共有以下三个参数：
  - ClassLoader loader：targetObject.getClass().getClassLoader()目标对象通过getClass方法获取类的所有信息后，调用getClassLoader()方法来获取类加载器。获取类加载器后，可以通过这个类型的加载器，在程序运行时，将生成的代理类加载到JVM即Java虚拟机中，以便运行时需要。
  - Class[] interfaces：targetObject.getClass().getInterfaces()获取被代理类的所有接口信息，以便于生成的代理类可以具有代理类接口中的所有方法。
  - InvocationHandler h：使用动态代理是为了更好地扩展，比如在方法之前做什么操作，之后做什么操作，这个时候这些公共的操作可以统一交给代理类去做。此时需要调用实现了InvocationHandler 类的一个回调方法。

运行测试类的 main 方法，便可以在 Intellij IDEA 控制台查看打印信息，具体信息如下：

```
进入 doSomeThing 方法时间为：1524385006965
do something ......
退出 doSomeThing 方法时间为：1524385006966
```

以上就是利用动态代理模式实现简单的日志框架，具体的结构如图 3-8 所示。

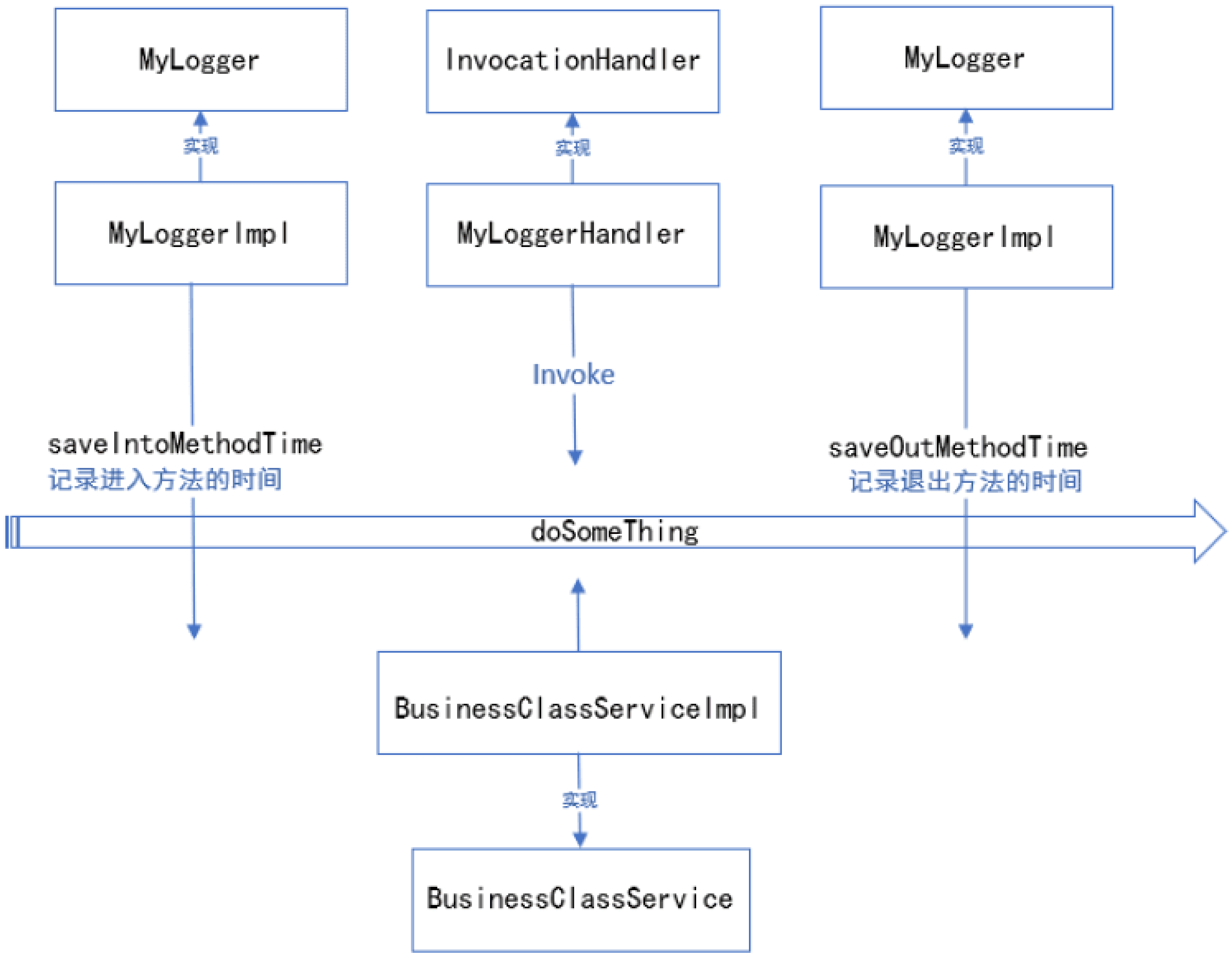


图 3-8　Spring AOP 实现日志框架结构图

这里总结一下 JDK 动态代理的一般实现步骤：

（1）创建一个实现 InvocationHandler 接口的类 MyLoggerHandler，它必须实现 invoke 方法。
（2）创建被代理的类 BusinessClassService 以及接口 BusinessClassServiceImpl。
（3）调用 Proxy 的静态方法 newProxyInstance，创建一个代理类。
（4）通过代理类调用方法。

3.2.4 Spring AOP 实现日志框架

使用 Spring AOP 的注解方式实现日志框架是非常简单的。首先，在配置文件 spring-mvc.xml 中添加配置，具体代码如下：

```
<aop:aspectj-autoproxy proxy-target-class="true">
```

- </aop:aspectj-autoproxy>：声明自动为Spring容器中那些配置@aspectJ切面的bean创建代理，织入切面。<aop:aspectj-autoproxy />有一个proxy-target-class属性，默认为false，表示使用JDK动态代理织入增强，当配置poxy-target-class为true时，表示使用CGLib动态代理技术织入增强。不过即使设置proxy-target-class为false，如果目标类没有声明接口，则Spring将自动使用CGLib动态代理。

配置添加完成之后，要定义一个切面 LogInterceptor，具体代码如下：

```
package com.ay.proxy;
import org.aspectj.lang.annotation.After;
import org.aspectj.lang.annotation.Aspect;
import org.aspectj.lang.annotation.Before;
import org.springframework.stereotype.Component;

/**
 * 描述：日志拦截类（切面）
 * @author Ay
 * @create 2018/04/22
 **/
@Aspect
@Component
public class LogInterceptor {

    @Before(value = "execution(* com.ay.controller.*.*(..))")
    public void before(){
        System.out.println("进入方法时间为:" + System.currentTimeMillis());
    }
```

```
    @After(value = "execution(* com.ay.controller.*.*(..))")
    public void after(){
        System.out.println("退出方法时间为:" + System.currentTimeMillis());
    }
}
```

- @Aspect：标识LogInterceptor类为一个切面，供容器读取。
- @Before：在所拦截方法执行之前执行before方法。
- @After：在所拦截方法执行之后执行after方法。
- @Around：可以同时在所拦截方法的前后执行一段逻辑。
- execution切入点指示符：com.ay.controller.*.*(..)表示在controller包中定义的任意方法的执行。execution切入点指示符执行表达式的格式如下：

```
execution (modifiers-pattern? ret-type-pattern declaring-type-pattern?
name-pattern (param-pattern) throws-pattern?)
```

翻译为：

```
execution(方法修饰符  方法返回值  方法所属类 匹配方法名 (方法中的形参表) 方法申明抛
出的异常)
```

其中黑色字体部分不能省略，各部分都支持通配符“*”来匹配全部。比较特殊的为形参表部分，其支持以下两种通配符：

```
"*" ：代表一个任意类型的参数。
"..": 代表零个或多个任意类型的参。
```

例如：

```
()：匹配一个无参方法
(..)：匹配一个可接受任意数量参数和类型的方法
(*)：匹配一个接受一个任意类型参数的方法
(*, Integer)：匹配一个接受两个参数的方法，第一个可以为任意类型，第二个必须为 Integer。
```

下面举一些 execution 的使用实例，具体内容见表 3-3。

表 3-3　切入点表达式实例

切入点表达式	说　明
execution(public * * (..))	匹配所有目标类的 public 方法，第一个*为返回类型，第二个*为方法名
execution(* save* (..))	匹配所有目标类以 save 开头的方法，第一个*代表返回类型

（续表）

切入点表达式	说　明
execution(**product(*,String))	匹配目标类所有以 product 结尾的方法，并且其方法的参数表第一个参数可为任意类型，第二个参数必须为 String
execution(* aop_part.Demo1.service.*(..))	匹配 service 接口及其实现子类中的所有方法
execution(* aop_part.*(..))	匹配 aop_part 包下的所有类的所有方法，但不包括子包
execution(* aop_part..*(..))	匹配 aop_part 包下的所有类的所有方法，包括子包。（当".."出现在类名中时，后面必须跟“*”,表示包、子孙包下的所有类）
execution(* aop_part..*.*service.find*(..))	匹配 aop_part 包及其子包下的所有后缀名为 service 的类中，所有方法名必须以 find 为前缀的方法
execution(*foo(String,int))	匹配所有方法名为 foo，且有两个参数，其中，第一个的类型为 String，第二个的类型为 int
execution(* foo(String,..))	匹配所有方法名为 foo，且至少含有一个参数，并且第一个参数为 String 的方法（后面可以有任意个类型不限的形参）

切面类 LogInterceptor 开发完成之后，重新启动 springmvc-mybatis-book 项目，项目成功启动后，在浏览器输入网址：http://localhost:8080/user/findAll，便可以在 Intellij IDEA 开发工具的控制台看到如下的打印信息：

```
进入方法时间为:1524411433320
id: 1
name: 阿毅
id: 2
name: 阿兰
退出方法时间为:1524411434036
```

3.2.5 静态代理与动态代理模式

Spring AOP 使用的是动态代理模式，所以有必要简单学习一下动态代理模式。

代理模式定义如下：

代理模式给某一个对象提供一个代理或占位符，并由代理对象来控制对原对象的访问。

代理模式是一种对象结构型模式。在代理模式中引入了一个新的代理对象，代理对象在客户端对象和目标对象之间起到中介的作用，它去掉客户不能看到的内容和服务或者增添客户需要的额外的新服务。

代理模式的结构比较简单，其核心是代理类，为了让客户端能够一致性地对待真实对象和代理对象，在代理模式中引入了抽象层，代理模式结构如图 3-9 所示。

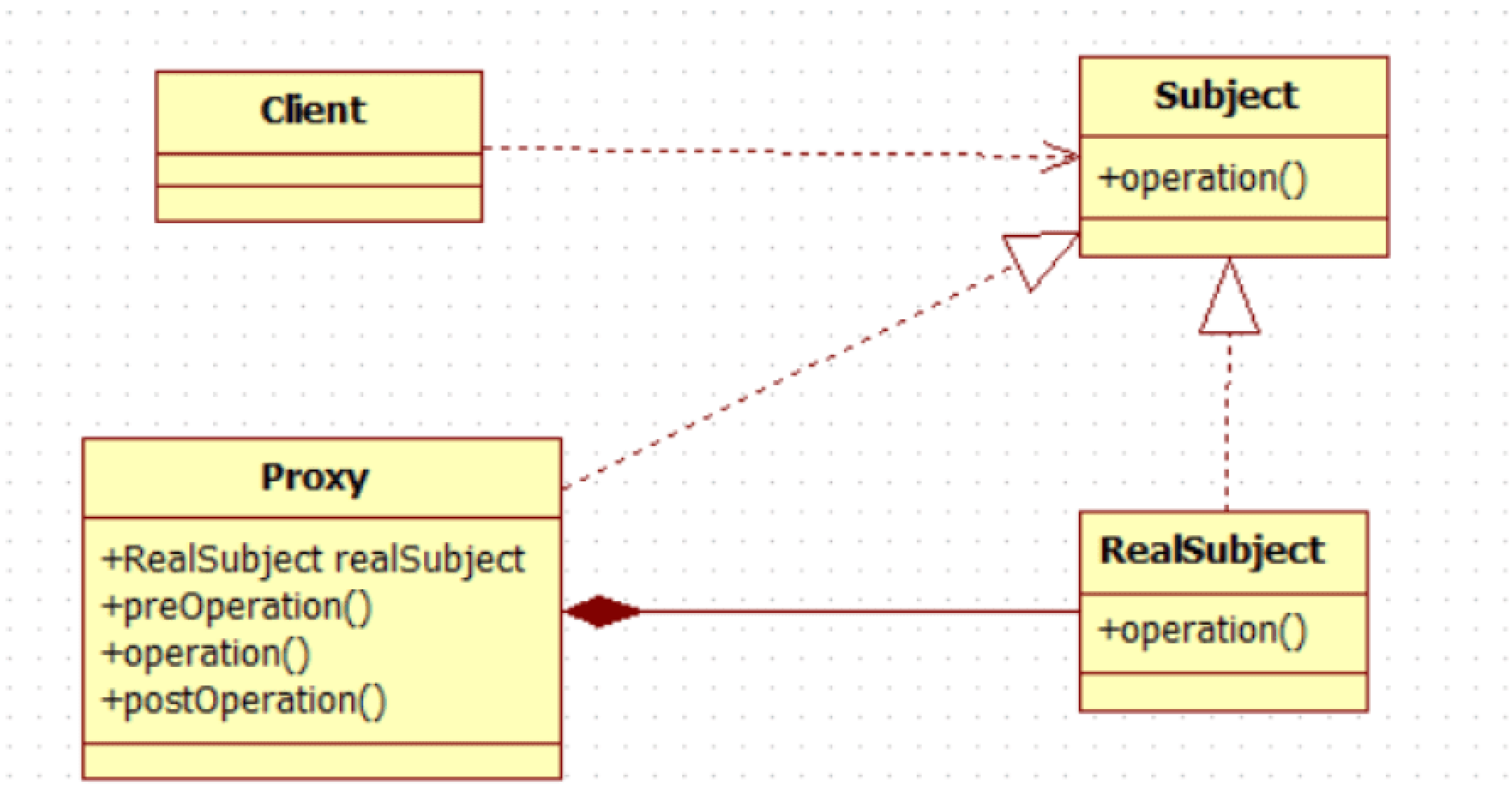


图 3-9 代理模式类结构图

由图 3-9 可知，代理模式包含如下三个角色：

- **Subject（抽象主题角色）**：它声明了真实主题和代理主题的共同接口，这样一来在任何使用真实主题的地方都可以使用代理主题，客户端通常需要针对抽象主题角色进行编程。
- **Proxy（代理主题角色）**：它包含了对真实主题的引用，从而可以在任何时候操作真实主题对象；在代理主题角色中提供一个与真实主题角色相同的接口，以便在任何时候都可以替代真实主题；代理主题角色还可以控制对真实主题的使用，负责在需要的时候创建和删除真实主题对象，并对真实主题对象的使用加以约束。通常，在代理主题角色中，客户端在调用所引用的真实主题操作之前或之后还需要执行其他操作，而不仅仅是单纯调用真实主题对象中的操作。
- **RealSubject（真实主题角色）**：它定义了代理角色所代表的真实对象，在真实主题角色中实现了真实的业务操作，客户端可以通过代理主题角色间接调用真实主题角色中定义的操作。

静态代理模式具体的代码如下：

```
package com.ay.test;
/**
 * 描述：客户端类
 * @author Ay
 * @create 2018/04/22
 **/
public class ProxyPattern{
    public static void main(String[] args) {
```

```
        //为每个 RealSubject 创建代理类 Proxy
        Proxy proxy = new Proxy(new RealSubject());
        proxy.operation();
    }
}
/**
 * 描述：抽象主题类
 * @author Ay
 * @create 2018/04/22
 **/
abstract class Subject {
    abstract void operation();
}

/**
 * 描述：具体主题类
 * @author Ay
 * @create 2018/04/22
 **/
class RealSubject extends Subject{

    void operation() {
        System.out.println("operation ......");
    }
}
/**
 * 描述：代理类
 * @author Ay
 * @create 2018/04/22
 **/
class Proxy extends Subject{

    private Subject subject;

    public Proxy(Subject subject){
        this.subject = subject;
    }

    void operation() {
        //前置处理
```

```
        this.preOperation();
        //具体操作
        subject.operation();
        //后置处理
        this.postOperation();
    }

    void preOperation(){
        System.out.println("pre operation......");
    }

    void postOperation(){
        System.out.println("post operation......");
    }
}
```

上面介绍的代理模式也被称为“静态代理模式”，这是因为在编译阶段就要为每个 RealSubject 类创建一个 Proxy 类，当需要代理的类很多时，就会出现大量的 Proxy 类，所以可以使用 JDK 动态代理解决这个问题。关于 JDK 动态代理实例，读者可以参考 3.2.3 节，JDK 动态代理的实现原理是动态创建代理类并通过指定类加载器加载，然后在创建代理对象时将 InvokerHandler 对象作为构造参数传入。当调用代理对象时，会调用 InvokerHandler.invoke()方法，并最终调用真正业务对象的相应方法。

第 4 章

MyBatis 映射器与动态 SQL

本章主要介绍 MyBatis 常用的映射器元素、动态 SQL 元素、MyBatis 注解配置和关联映射。

4.1 MyBatis 映射器

4.1.1 映射器的主要元素

Mybatis 提供了强大的映射器，并且提供了丰富的映射器元素，具体如表 4-1 所示。

表 4-1 映射器元素

元素名称	描　　述
select	映射查询语句
insert	映射插入语句
update	映射更新语句
delete	映射删除语句
sql	可以被其他语句引用的可重用语句块
resultMap	用来描述如何从数据库结果集中来加载对象

（续表）

元素名称	描　　述
cache	给定命名空间的缓存配置
cache-ref	其他命名空间缓存配置的引用

接下来详细讨论映射器中主要元素的用法。

4.1.2　select 元素

select 元素是 Mybatis 中最常用的元素之一，select 元素可以从数据库读取数据，组装数据给业务人员。比如可以在配置文件 AyUserMapper.xml 中使用 select 元素，根据用户 Id 查询 ay_user 表（2.2.4 节已创建）中的具体用户，具体代码如下：

```
<select id="findById" parameterType="String"
                                    resultType="com.ay.model.AyUser">
      SELECT * FROM ay_user
      WHERE id = #{id}
</select>
```

这个语句被称为 findById，接受一个 String 类型的参数，并返回一个 User 类型的对象。参数#{id}是告诉 MyBatis 创建一个预处理语句参数。通过 JDBC，这样的一个参数在 SQL 中会由一个“？”来标识，并被传递到一个新的预处理语句中。上面的 SQL 语句执行时会生成如下 JDBC 代码：

```
String findById =  "SELECT * FROM ay_user WHERE id = ? "
PreparedStatement ps = conn.prepareStatement(findById);
ps.setString(1,id);
```

接口 AyUserDao 中定义的方法如下：

```
AyUser findById(String id);
```

select 元素提供了很多配置属性，具体如表 4-2 所示。

表 4-2　select 元素配置

属性名称	描　　述
id	它和 mapper 的命名空间组合起来是唯一的，id 的值和 DAO 接口的方法名一致。如果不唯一或者不一致，MyBatis 将抛出异常
parameterType	将会传入语句参数类的全名码或者别名，这个属性是可选的，因为 MyBatis 可以通过 TypeHandler 推断出具体传入语句的参数，默认值为 unset。可以选择 JavaBean、Map 等复杂的参数类型传递给 SQL

（续表）

属性名称	描　　述
parameterMap	即将废弃的元素，不再讨论
resultType	从语句中返回期望类型的类的完全限定名或别名。注意如果是集合的情形，那应该是集合可以包含的类型，而不能是集合本身。返回时可以使用 resultType 或者 resultMap，但不能同时使用。结果集将通过 JavaBean 的规范映射或定义为 int、double、float 等参数
resultMap	它是映射集的引用，将执行强大的映射功能，可以使用 resultType 或者 resultMap 其中的一个，resultMap 可以给予我们自定义映射规则的机会
flushCache	它的作用是调用 SQL 后，是否要求 MyBatis 清空之前查询的本地缓存和二级缓存，取值为 false/true，默认为 false
useCache	启动二级缓存的开关，取值 true/false，默认值为 true
timeout	设置超时参数，等超时的时候抛出异常，单位为秒
fetchSize	获取记录的总条数设定
statementType	告诉 MyBatis 使用哪个 JDBC 的 Statement 工作，取值为 STATEMENT、 PREPARED 或者 CALLABLE。默认为 PREPARED
resultSetType	它的值包括 FORWARD_ONLY（游标允许向前访问）|SCROLL_SENSITIVE（双向滚动，并及时跟踪数据库更新，以便更改 resultSet 中的数据）|SCROLL_INSENSITIVE（双向滚动，但不及时跟踪数据库更新，数据库里的数据修改，并不在 resultSet 中反应过来）
databaseId	如果设置了 databaseIdProvider，MyBatis 会加载所有的不带 databaseId 或匹配当前 databaseId 的语句，如果带或者不带的语句都有，则不带的会被忽略
resultOrdered	这个设置仅针对嵌套结果 select 语句：如果设置为 true，就说假设包含了嵌套结果集或者分组了，这样的话，当返回一个主结果行的时候，就不会发生对前面结果集引用的情况。这就使得获取嵌套的结果集时不至于导致内存不够用。默认为 false
resultSets	适应于多个结果集的情况，它将列出执行 SQL 后每个结果集的名称，每个名称之间用逗号分隔。使用比较少

下面再来看几个 select 元素的例子：

```
//实例 1：通过名称查询用户
<select id="findByName"  parameterType="String" resultType=
                                               "com.ay.model.AyUser">
    SELECT * FROM ay_user
    WHERE name = #{name}
</select>
//实例 2：通过名称查询用户个数
<select id="countByName"  parameterType="String" resultType="int">
    SELECT count(*) FROM ay_user
```

```
    WHERE name = #{name}
</select>
```

对应的 AyUserDao 接口如下：

```
List<AyUser> findByName(String name);
int countByName(String name);
```

4.1.3　insert 元素

insert 元素用来映射 DML 语句，MyBatis 会在执行插入之后返回一个整数，来表示进行操作后插入的记录数，insert 元素的属性和 select 元素属性差不多，特有的属性如表 4-3 所示。

表 4-3　insert 元素配置

属性名称	描　　述
useGeneratedKeys	令 MyBatis 使用 JDBC 的 useGeneratedKeys 方法来获取由数据库内部生成的主键，例如 MySQL 和 SQL Server 自动递增字段，Oracle 的序列等，使用它时必须给 keyProperty 或者 keyColumn 赋值
keyProperty	表示以哪个列作为属性的主键，不能和 keyColumn 同时使用
keyColumn	指明第几列是主键，不能和 keyProperty 同时使用，只接受整形参数

下面来看几个例子：

```
//实例 1：插入用户数据
<insert id="insert" parameterType="com.ay.model.AyUser">
INSERT INTO ay_user(id, name, password) VALUE (#{id}, #{name}, #{password});
</insert>
//实例 2：插入用户数据，主键自增
<insert id="insert" useGeneratedKeys="true"
keyProperty="id" parameterType="com.ay.model.AyUser">
    INSERT INTO ay_user(name, password) VALUE (#{name}, #{password});
</insert>
```

对应的 AyUserDao 接口如下：

```
int insert(AyUser ayUser);
```

4.1.4　selectKey 元素

可以使用 keyProperty 属性指定哪个是主键字段，同时使用 useGeneratedKeys 属性告诉 MyBatis 这个主键是否使用数据库内置策略生成。实际工作中往往并非想象中的那么简单，比如希望通过原有主键 Id + 1 的方式生成主键 Id，具体代码如下：

```
    <insert id="insert" useGeneratedKeys="true"
    keyProperty="id" parameterType="com.ay.model.AyUser">
        <selectKey keyProperty="id" resultType="int" order="BEFORE">
            SELECT MAX(id) + 1 AS id FROM ay_user
        </selectKey>
            INSERT INTO ay_user(id, name, password) VALUE (#{id}, #{name},
#{password});
    </insert>
```

selectKey 元素描述如下：

```
    <selectKey
      keyProperty="id"
      resultType="int"
      order="BEFORE"
      statementType="PREPARED">
```

selectKey 元素属性配置具体如表 4-4 所示。

表 4-4　selectKey 元素配置

属性名称	描　　述
keyProperty	selectKey 语句结果应该被设置的目标属性，一般会设置到 id 属性，如果希望得到多个生成的列，可以用逗号分隔属性名称列表
keyColumn	匹配属性的返回结果集中的列名称。如果希望得到多个生成的列，可以用逗号分隔属性名称列表
resultType	结果的类型
order	可以设置为 BEFORE 或者 AFTER。设置为 BEFORE，那么它会首先选择主键，设置 keyProperty，然后执行插入语句。如果设置为 AFTER，那么先执行插入语句，然后是 selectKey 元素
statementType	与 select 元素属性相同，具体看 4.1.2 节的内容

4.1.5　update 元素

update 元素用来映射 DML 语句，主要用来更新数据库中的数据，MyBatis 会在执行更新操作之后返回一个整数，来表示进行操作后更新的记录数，update 元素属性和 select 元素属性差不多，它们特有的属性如表 4-5 所示。

表 4-5　update 元素配置

属性名称	描　　述
useGeneratedKeys	令 MyBatis 使用 JDBC 的 useGeneratedKeys 方法来获取由数据库内部生成的主键，例如 MySQL 和 SQL Server 自动递增字段，Oracle 的序列等，使用它时必须给 keyProperty 或者 keyColumn 赋值
keyProperty	表示以哪个列作为属性的主键，不能和 keyColumn 同时使用
keyColumn	指明第几列是主键，不能和 keyProperty 同时使用，只接受整形参数

下面来看一个具体的实例：

```
<update id="update" parameterType="com.ay.model.AyUser">
    UPDATE ay_user SET
    name = #{name},
    password = #{password}
    WHERE id = #{id}
</update>
```

对应的 AyUserDao 接口如下：

```
int update(AyUser ayUser);
```

4.1.6　delete 元素

delete 元素用来映射 DML 语句，主要用来删除数据库中的数据，MyBatis 会在执行删除操作之后返回一个整数，来表示进行删除后更新的记录数，delete 元素属性和 select 元素属性差不多，它们特有的属性如表 4-6 所示。

表 4-6　delete 元素配置

属性名称	描　　述
useGeneratedKeys	令 MyBatis 使用 JDBC 的 useGeneratedKeys 方法来获取由数据库内部生成的主键，例如 MySQL 和 SQL Server 自动递增字段，Oracle 的序列等，使用它时必须给 keyProperty 或者 keyColumn 赋值
keyProperty	表示以哪个列作为属性的主键，不能和 keyColumn 同时使用
keyColumn	指明第几列是主键，不能和 keyProperty 同时使用，只接受整形参数

下面来看几个具体的实例：

```
//实例 1：根据 id 删除记录
<delete id="delete" parameterType="int">
    DELETE FROM ay_user
```

```
        WHERE id = #{id}
    </delete>
    //实例 2：根据 name 删除记录
    <delete id="deleteByName" parameterType="String">
            DELETE FROM ay_user
            WHERE name = #{name}
    </delete>
```

4.1.7 sql 元素

sql 元素可以被用来定义可重用的 SQL 代码段，可以包含在其他语句中。它可以被静态地（在加载参数时）参数化，比如有一条 SQL 语句需要查询十几个字段映射到 JavaBean 中去，而其他的 SQL 语句也有类似的需求，重复写这些字段显然不合理，那么就可以用 sql 元素对这些字段进行“封装”，以达到重复使用。

下面来看几个具体的实例：

```
    <sql id="userField">
        a.id as "id",
        a.name as "name",
        a.password as "password"
    </sql>
    <!-- 获取所有用户 -->
    <select id="findAll" resultType="com.ay.model.AyUser">
        Select
            //使用 refid 进行引用
        <include refid="userField"/>
        from ay_user a
    </select>
```

可以很方便地使用 include 元素的 refid 属性进行引用，还可以使用定制参数来使用 sql 元素，具体代码如下：

```
    <sql id="userField">
                //注意：这里使用$符合而不是#符号，否则程序出现异常
            ${prefix}.id as "id",
            ${prefix}.name as "name",
            ${prefix}.password as "password"
    </sql>
    <!-- 获取所有用户 -->
    <select id="findAll" resultType="com.ay.model.AyUser">
        select
```

```
    <include refid="userField">
        <property name="prefix" value="a"/>
    </include>
    from ay_user a
</select>
```

4.1.8　#与$区别

4.1.7 节中的 SQL 语句，使用${prefix}而不使用#{ prefix }，它们之间的区别是：

（1）# {}将传入的数据都当成一个字符串，会对自动传入的数据加一个双引号，具体示例如下：

```
order by #{id}
//如果 id 传入 11，则 sql 解析成：
order by “11”
```

（2）${}将传入的数据直接显示生成在 sql 中，具体示例如下：

```
order by #{id}
//如果 id 传入 11，则 sql 解析成：
order by 11
```

（3）#方式能够很大程度防止 sql 注入，$方式无法防止 sql 注入。

综上所述，一般建议采用#，而不是$。

4.1.9　resultMap 结果映射集

resultMap 结果映射集是 Mybatis 中重要的元素，它的作用是告诉 MyBatis 从结果集中取出的数据转换为开发者所需要的对象。resultMap 元素还包含其他的元素，具体如下：

```
<resultMap>
<constructor>            /*用来将查询结果作为参数注入到实例的构造方法中*/
      <idArg/>           /*标记结果作为 ID*/
      <arg/>             /*标记结果作为普通参数*/
</constructor>
<id/>                    /*一个 ID 结果，标记结果作为 ID*/
<result/>                /*一个普通结果，JavaBean 的普通属性或字段*/
<association>            /*关联其他的对象*/
</association>
<collection>             /*关联其他的对象集合*/
</collection>
```

```
<discriminator>          /*鉴别器，根据结果值进行判断，决定如何映射*/
      <case></case>      /*结果值的一种情况，将对应一种映射规则*/
</discriminator>
</resultMap>
```

先来看一个具体的示例，代码如下：

```
<sql id="userField">
   ${prefix}.id as "id",
   ${prefix}.name as "name",
   ${prefix}.password as "password"
</sql>
<resultMap id="userMap" type="com.ay.model.AyUser">
   <id property="id" column="id"/>
   <result property="name" column="name"/>
   <result property="password" column="password"/>
</resultMap>

<select id="findAll" resultMap="userMap">
   select
   <include refid="userField">
      <property name="prefix" value="a"/>
   </include>
   from ay_user a
</select>
```

使用 POJO 存储结果集是最常用的方式，也是推荐的方式。resultMap 元素的属性 id 代表这个 resultMap 的标识，type 代表需要映射的 POJO。<id/>元素表示对象的主键，property 代表 POJO 的属性名称，column 代表数据库 SQL 的列名，这样 POJO 和数据库 SQL 的结果就一一对应起来。

result 和 id 两个元素共有的属性如表 4-7 所示。

表 4-7 result 和 id 元素属性配置

属性名称	描　述
property	令 MyBatis 使用 JDBC 的 useGeneratedKeys 方法来获取由数据库内部生成的主键，例如 MySQL 和 SQL Server 自动递增字段，Oracle 的序列等，使用它时必须给 keyProperty 或者 keyColumn 赋值
column	对应 SQL 的列
javaType	配置 Java 的类型，可以是特定的类完全限定名或者 MyBatis 上下文的别名

（续表）

属性名称	描　　述
jdbcType	配置数据库类型
typeHandler	类型处理器，允许我们用特定的处理器来覆盖 MyBatis 默认的处理器。这要制定 jdbcType 和 javaType 相互转化的规则

其他的元素，比如 collection、association、discriminator 等元素，将会在后续的章节进行描述。

4.2　动态 SQL

4.2.1　动态 SQL 概述

在项目开发过程中，经常需要根据不同的条件拼接 SQL 语句，而 MyBatis 提供了对 SQL 语句动态的组装能力。MyBatis 采用功能强大的基于 OGNL 的表达式来完成动态 SQL。

常用的动态 SQL 元素如表 4-8 所示。

表 4-8　动态 SQL 元素

属性名称	描　　述
if	单条件分支判断语句
choose、when 和 otherwise	多条件分支判断语句，相当于 Java 中的 case when 语句
trim, where, set	用于处理 SQL 拼装问题，辅助元素
foreach	循环语句

4.2.2　if 元素

if 元素主要用来做判断语句，比如要按照名称 name 查询相关的用户，但是 name 参数是可填可不填的条件，如果用户没有填写 name 参数，就不要使用它作为查询条件。具体看下面的示例：

```
<sql id="userField">
    a.id as "id",
    a.name as "name",
    a.password as "password"
</sql>
<resultMap id="userMap" type="com.ay.model.AyUser">
    <id property="id" column="id"/>
```

```
        <result property="name" column="name"/>
        <result property="password" column="password"/>
    </resultMap>
    //通过用户名 name 和密码 password 查询用户
    <select id="findByNameAndPassword" parameterType="String"
                                        resultMap="userMap">
        SELECT
        <include refid="userField"></include>
        from ay_user a
        WHERE 1 = 1
        <if test="name != null and name != ''">
            and name = #{name}
        </if>
        <if test="password != null and password != ''">
            and password = #{password}
        </if>
    </select>
```

对应的 AyUserDAO 接口代码如下：

```
    List<AyUser> findByNameAndPassword(@Param("name") String name,
    @Param("password")String password);
```

if 标签常常与 test 属性联合使用且是必选属性。上述代码中，通过判断 name 或者 password 参数是否为空，如果不为空，拼凑 SQL 语句进行查询。如果为空，则忽略。

4.2.3 choose、when、otherwise 元素

与 if 元素的二重选择相比，choose、when、otherwise 元素提供三重选择，有点类似 switch..case..default 语句，具体示例代码如下所示：

```
    <sql id="userField">
        a.id as "id",
        a.name as "name",
        a.password as "password"
    </sql>
    <resultMap id="userMap" type="com.ay.model.AyUser">
        <id property="id" column="id"/>
        <result property="name" column="name"/>
        <result property="password" column="password"/>
    </resultMap>
    //通过名称 name 和密码 password 查询用户
```

```
<select id="findByNameAndPassword" parameterType="String"
                                        resultMap="userMap">
     SELECT
     <include refid="userField"></include>
     from ay_user a
     WHERE 1 = 1
     <choose>
         <when test="name != null and name != ''">
             and name = #{name}
         </when>
         <when test="password != null and password != ''">
             and password = #{password}
         </when>
         <otherwise>
                ORDER BY id DESC
         </otherwise>
     </choose>
</select>
```

<choose>标签里可以包含多个<when>标签，<otherwise>标签是可选的并不是必填选项，比如下面的代码：

```
<select id="findByNameAndPassword" parameterType="String"
                                        resultMap="userMap">
     SELECT
     <include refid="userField"></include>
     from ay_user a
     WHERE 1 = 1
     <choose>
         <when test="name != null and name != ''">
             and name = #{name}
         </when>
         <when test="password != null and password != ''">
             and password = #{password}
         </when>
     </choose>
</select>
```

4.2.4 trim、where、set 元素

trim 是更灵活地用来去处多余关键字的标签，它可以实现 where 和 set 的效果。具体内容看下面的示例：

```
<select id="findByNameAndPassword" parameterType="String"
        resultMap="userMap">
    SELECT
      <include refid="userField"></include>
      from ay_user a
      <trim prefix="WHERE"  prefixOverrides="AND">
        <if test="name != null and name != ''">
             and name = #{name}
        </if>
        <if test="password != null and password != ''">
            and password = #{password}
        </if>
    </trim>
</select>
```

假如 name 和 password 字段都不为空，上面的代码相当于如下的 SQL 语句：

```
SELECT
a.id as "id",
a.name as "name",
a.password as "password"
from ay_user a
WHERE name = #{name} and password = #{password}
```

再来看另外一个示例：

```
<update id="update" parameterType="com.ay.model.AyUser">
    UPDATE ay_user
    <trim prefix="SET" suffixOverrides=",">
        <if test="name != null and name != ''">
            name = #{name},
        </if>
        <if test="password != null and password != ''">
            password = #{password},
        </if>
    </trim>
```

```
    WHERE id = #{id}
</update>
```

假如 name 和 password 字段都不为空，上面的代码相当于如下的 SQL 语句：

```
UPDATE ay_user
SET
name = #{name},
password = #{password}
WHERE id= #{id}
```

trim 元素属性配置如表 4-9 所示。

表 4-9　trim 属性元素配置

属性名称	描　　述
prefix	表示在 trim 标签包裹的部分前面添加内容。注意：是在没有 prefixOverrides，suffixOverrides 属性的情况下
prefixOverrides	有 prefix 属性的情况下，prefixOverrides 属性表示去掉 SQL 语句前缀的内容
suffix	表示在 trim 标签包裹的部分后面添加内容。注意：是在没有 prefixOverrides，suffixOverrides 属性的情况下
suffixOverrides	有 prefix 属性的情况下，suffixOverrides 属性表示去掉 SQL 语句后缀的内容

编写 SQL 语句的时候，通常喜欢写这样的 SQL 语句：

```
<select id="findByName"  parameterType="String" resultType=
                                              "com.ay.model.AyUser">
    SELECT * FROM ay_user WHERE 1 = 1
    <if test="name != null and name != ''">
        and name = #{name}
    </if>
</select>
```

WHERE 1 = 1 这样的条件显然很奇怪，所以可以使用 WHERE 标签优化上面的 SQL 语句，具体代码如下：

```
<select id="findByName"  parameterType="String" resultType=
                                              "com.ay.model.AyUser">
    SELECT * FROM ay_user
    <where>
        <if test="name != null and name != ''">
            and name = #{name}
        </if>
```

```
    </where>
</select>
```

这样当 where 元素里面的条件成立的时候，才会加入 where 这个 SQL 关键字到组装的 SQL 里面，否则就不加入。

set 元素在执行 SQL 更新中会使用到，先来看一个传统代码写法，具体如下：

```
<update id="update" parameterType="com.ay.model.AyUser">
    UPDATE ay_user SET
    name = #{name},
    password = #{password}
    WHERE id = #{id}
</update>
```

上面代码中没有使用 set 元素，可以对代码进行优化，具体优化后的代码如下：

```
<update id="update" parameterType="com.ay.model.AyUser">
    UPDATE ay_user
    <set>
        <if test="name != null and name != ''">
            name = #{name},
        </if>
        <if test="password != null and password != ''">
            password = #{password},
        </if>
    </set>
    WHERE id = #{id}
</update>
```

set 元素遇到逗号，它会把对应的逗号去掉，比如上面代码中的 password = #{password}，不需要自己写判断语句去除逗号。

4.2.5 foreach 元素

foreach 元素是一个循环语句，作用是遍历集合，支持数组、List、Set 等。具体看下面的示例：

```
//根据 Id 集合查询用户列表
<select id="findByIds" resultType="com.ay.model.AyUser">
    SELECT * FROM ay_user
    WHERE id in
    <foreach item="item" index="index" collection="list"
            open="(" separator="," close=")">
```

```
            #{item}
        </foreach>
    </select>
```

foreach 属性元素具体的配置如表 4-10 所示。

表 4-10　foreach 属性元素配置

属性名称	描　　述
item	循环中当前的元素
index	配置的是当前元素在集合的位置下标
collection	接口传递进来的参数名称，可以是一个数组、List、Set 等集合
open	配置的是以什么符号将集合中的元素包装起来，如“(”
separator	各个元素的分隔符
close	配置的是以什么符号将集合中的元素包装起来，如“)”

4.2.6　bind 元素

bind 元素可以从 OGNL 表达式中创建一个变量并将其绑定到上下文。在进行模糊查询的时候，比如通过用户名称 name 查询用户，就常会用到 bind 元素，具体可以看下面的实例：

```
    <select id="findByNameAndPassword"
    parameterType="String" resultType="com.ay.model.AyUser">
        <bind name="name_pattern" value="'%' + name + '%'"/>
        <bind name="password_pattern" value="'%' + password + '%'"/>
        SELECT * FROM ay_user
        <where>
            <if test="name != null and name != ''">
                and name LIKE #{name_pattern}
            </if>
            <if test="password != null and password != ''">
                and password LIKE #{password_pattern}
           </if>
        </where>
    </select>
```

上述的 select 元素中，定义了多个 bind 元素，bind 元素的属性 value 的值："'%' + password + '%'" 会赋值给 name_pattern，然后就可以在 SQL 中直接使用 name_pattern 变量。

4.3 MyBatis 注解配置

4.3.1 MyBatis 常用注解

在前面的章节中，MySQL 的映射器、动态 SQL 语句等知识都是使用基于 XML 的配置方式，其实除了使用 XML 的配置方式，还可以使用基于注解的配置方式。MyBatis 提供了很多好用的注解供使用，具体见表 4-11。

表 4-11 mybatis 常用注解

属性名称	描　述
@Select	映射查询 SQL 语句
@SelectProvider	Select 语句的动态 SQL 映射。允许指定一个类和一个方法在执行时返回运行的查询语句。有两个属性：type 和 method，type 属性是类的完全限定名，method 是该类中的那个方法名
@Delete	映射删除 SQL 语句
@DeleteProvider	Delete 语句的动态 SQL 映射。允许指定一个类和一个方法在执行时返回运行的删除语句。有两个属性：type 和 method，type 属性是类的完全限定名，method 是该类中的那个方法名
@Insert	映射插入 SQL 语句
@InsertProvider	Delete 语句的动态 SQL 映射。允许指定一个类和一个方法在执行时返回运行的插入语句。有两个属性：type 和 method，type 属性是类的完全限定名，method 是该类中的那个方法名
@Update	映射更新 SQL 语句
@UpdateProvider	Delete 语句的动态 SQL 映射。允许指定一个类和一个方法在执行时返回运行的更新语句。有两个属性：type 和 method，type 属性是类的完全限定名，method 是该类中的那个方法名
@Result	列和属性之间的单独结果映射。属性包括：id、column、property、javaType、jdbcType、type、Handler、one、many。其中 id 属性是一个布尔值，表示是否被用于主键映射
@Results	多个结果映射（Result）列表
@Options	提供配置选项的附加值，通常在映射语句上作为附加功能配置出现
@One	复杂类型的单独属性值映射

（续表）

属性名称	描　　述
@Many	复杂类型的集合属性映射
@Param	当映射器的方法需要多个参数时，注解可以被应用于映射器方法参数来给每个参数取个名字。否则，多参数默认将会以它们的顺序位置和 SQL 语句中的表达式进行映射

4.3.2　@Select 注解

@Select 注解与 XML 配置里的 select 标签相对应，@Results 注解与 resultMap 标签相对应，当在 AyUserDao 接口中使用注解的配置方式时，就不需要在 XML 里面配置，具体实例如下所示：

```
@Repository
public interface AyUserDao {
    //实例 1：查询所有的用户列表
@Select("SELECT * FROM ay_user")
    List<AyUser> findAll();
        //实例 2：查询所有的用户列表
        @Select("SELECT * FROM ay_user")
    @Results({
            @Result(id = true,column = "id",property = "id"),
            @Result(column = "name",property = "name"),
            @Result(column = "password",property = "password")
    })
    List<AyUser> findAll();
    //实例 3：通过 id 查询用户
    @Select("SELECT * FROM ay_user WHERE id = #{id}")
    AyUser findById(String id);
    //实例 4：通过用户名获取用户
    @Select("SELECT * FROM ay_user WHERE name = #{name}")
    List<AyUser> findByName(String name);

}
```

4.3.3　@Insert、@Update、@Delete 注解

@Insert、@Update、@Delete 注解与 XML 配置里的 insert、update、delete 标签相对应，具体实例如下：

```
@Repository
public interface AyUserDao {
    //实例 1: 插入用户数据
    @Insert("INSERT INTO ay_user(name,password) VALUES(#{name}, #{password})")
    @Options(useGeneratedKeys = true, keyProperty = "id")
    int insert(AyUser ayUser);
    //实例 2: 更新用户数据
    @Update("UPDATE  ay_user SET name = #{name}, password = #{password} WHERE 
    id = #{id}")
    int update(AyUser ayUser);
    //实例 3: 根据用户 id 删除用户
    @Delete("DELETE FROM ay_user WHERE id = #{id}")
    int delete(int id);
    //实例 4: 根据用户名删除用户
    @Delete("DELETE FROM ay_user WHERE name = #{name}")
    int deleteByName(String name);

}
```

@Options 注解提供配置选项的附加值，通常在映射语句上作为附加功能配置出现。

4.3.4 @Param 注解

当映射器的方法需要多个参数时，@Param 注解可以被应用于映射器方法参数来给每个参数取个名字。否则，多参数默认将会以它们的顺序位置和 SQL 语句中的表达式进行映射。具体实例如下：

```
@Select("SELECT * FROM ay_user WHERE name = #{name} and password = 
                                                        #{password}")
List<AyUser> findByNameAndPassword(@Param("name") String name, 
@Param("password")String password);
```

除了使用@Param 注解映射参数之外，还有其他的方式来映射参数，只是不是很推荐，这里简单的总结一下其他的方法，读者可以做简单的对比。

1. Map的映射方式

AyUserDao 接口的方法定义如下：

```
List<AyUser> findByNameAndPassword(Map<String, String > map);
```

对应的 XML 配置如下：

```
<select id="findByNameAndPassword" parameterType="java.util.Map"
                                        resultMap="userMap">
    SELECT * from ay_user a
    <where>
        <if test="name != null and name != ''">
            and name = #{name}
        </if>
        <if test="password != null and password != ''">
            and password = #{password}
        </if>
    </where>
</select>
```

服务层 AyUserServiceImpl 调用方式如下：

```
public List<AyUser> findByNameAndPassword(Map<String,String> map) {
        Map<String,String> map = new HashMap<String, String>();
        map.put("name","al");
        map.put("password","123");
        return ayUserDao.findByNameAndPassword(map);
}
```

2. 顺序映射方式

AyUserDao 接口的方法定义如下：

```
List<AyUser> findByNameAndPassword(String name,String password);
```

对应的 XML 配置如下：

```
<select id="findByNameAndPassword" parameterType="String"
                                        resultMap="userMap">
    SELECT * from ay_user a
    WHERE 1 = 1 AND name = #{param1} AND password = #{param2}
</select>
```

顺序映射方式是通过参数的顺序进行映射的，name 参数对应#{ param1}，#{password}参数对应 param2，当然这是新版的 Mybatis 提供的，旧版本的 MyBatis 是用#{0}、#{1}进行映射的。

4.4 MyBatis 关联映射

4.4.1 关联映射概述

之前的章节中，我们已介绍了使用 Mybatis 对数据库单表进行映射和执行增删改查操作，但是在现实的项目中进行数据库建模时，需要遵循数据库设计范式的要求，对现实中的业务模型进行拆分，封装到不同的数据表中，表与表之间存在着一对多或多对多的对应关系。进而，对数据库的增删改查操作的主体，也就从单表变成了多表。那么 Mybatis 中是如何实现这种多表关系的映射呢？这是接下来要学习的重点。

关联映射大致可以分为：一对一、一对多、多对多，下面将一一展开描述。

4.4.2 一对一

一对一关联关系在现实生活中很多，比如：一个人只能有一个身份证或者一个母亲。首先，在数据库 springmvc-mybatis-book 中创建数据库表 ay_user、ay_user_address，具体代码如下：

```
-- ----------------------------
-- Table structure for ay_user
-- ----------------------------
DROP TABLE IF EXISTS 'ay_user';
CREATE TABLE 'ay_user' (
  'id' bigint(32) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  'name' varchar(10) DEFAULT NULL,
  'password' varchar(64) DEFAULT NULL,
  'age' int(10) DEFAULT NULL,
  'address_id' bigint(32) DEFAULT NULL,
  PRIMARY KEY ('id'),
  KEY 'FK_address_id' ('address_id'),
  CONSTRAINT 'FK_address_id' FOREIGN KEY ('address_id')
REFERENCES 'ay_user_address' ('id')
) ENGINE=InnoDB AUTO_INCREMENT=5 DEFAULT CHARSET=utf8;

-- ------------------------------------
-- Table structure for ay_user_address
-- ------------------------------------
DROP TABLE IF EXISTS 'ay_user_address';
CREATE TABLE 'ay_user_address' (
```

```
  'id' bigint(32) NOT NULL,
  'name' varchar(255) DEFAULT NULL,
  PRIMARY KEY ('id')
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;
```

表 ay_user、ay_user_address 对应的 Model 代码如下：

```
/**
 * 用户实体
 * @author Ay
 * @date  2018/04/02
 */
public class AyUser implements Serializable{

    private Integer id;
    private String name;
    private String password;
    private Integer age;
    //用户和地址一一对应，即一个用户只有一个老家地址
    private AyUserAddress ayUserAddress;

        //省略 set、get 方法
}

/**
 * 描述：用户地址实体
 * @author Ay
 * @create 2018/05/01
 **/
public class AyUserAddress  implements Serializable {

    private Integer id;
    private String name;

    //省略 set、get 方法
}
```

用户和老家地址是一对一关系，即一个用户只能有一个老家地址。在 AyUser 类中定义一个 ayUserAddress 属性，用来映射一对一的关联关系，表示一个人的老家地址。

AyUser 类和 AyUserAddress 类创建完成之后，创建对应的 DAO 接口 AyUserDao 和 AyUserAddressDao，具体代码如下：

```
@Repository
public interface AyUserDao {
```

```
    //根据 id 查询用户
    AyUser findById(String id);
}

@Repository
public interface AyUserAddressDao {
    //根据 id 查询用户地址
    AyUserAddress findById(Integer id);
}
```

DAO 接口 AyUserDao 和 AyUserAddressDao 创建完成之后，继续创建对应的 XML 配置文件 AyUserMapper.xml 和 AyUserAddressMapper.xml，AyUserAddressMapper.xml 具体代码如下：

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<!DOCTYPE mapper PUBLIC "-//mybatis.org//DTD Mapper 3.0//EN"
        "http://mybatis.org/dtd/mybatis-3-mapper.dtd">
<mapper namespace="com.ay.dao.AyUserAddressDao">
    <select id="findById"
 parameterType="Integer" resultType="com.ay.model.AyUserAddress">
        SELECT * FROM ay_user_address WHERE id = #{id}
    </select>
</mapper>
```

AyUserMapper.xml 配置文件具体代码如下：

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<!DOCTYPE mapper PUBLIC "-//mybatis.org//DTD Mapper 3.0//EN"
        "http://mybatis.org/dtd/mybatis-3-mapper.dtd">
<mapper namespace="com.ay.dao.AyUserDao">

    <resultMap id="userMap" type="com.ay.model.AyUser">
        <id property="id" column="id"/>
        <result property="name" column="name"/>
        <result property="password" column="password"/>
        <association property="ayUserAddress" column="address_id"
              select="com.ay.dao.AyUserAddressDao.findById"
 javaType="com.ay.model.AyUserAddress">
        </association>
    </resultMap>

    <select id="findById"  parameterType="String" resultMap="userMap">
      SELECT * FROM ay_user
      WHERE id = #{id}
```

```
    <!-- 全局配置参数，需要时再设置 -->
    <settings>
        <!-- 开启二级缓存  默认是不开启的-->
        <setting name="cacheEnabled" value="true"/>
    </settings>

</configuration>
```

最后，由于二级缓存是 Mapper 级别的，还要在需要开启二级缓存的具体 mapper.xml 文件中开启二级缓存，方法很简单，只需要在 mapper.xml 文件中添加一个 cache 标签既可，具体代码如下所示：

```
<!-- 开启 AyUserMapper 的 namespace 下的二级缓存 -->
<cache/>
```

cache 标签有很多属性，常用的属性如表 9-1 所示。

表 9-1 cache 标签属性

属性名称	描　述
eviction	收回策略，默认为 LRU。有如下几种： • LRU（最近最少使用的策略）　移除最长时间不被使用的对象 • FIFO（先进先出策略）　按对象进入缓存的顺序来移除它们 • SOFT（软引用策略）　移除基于垃圾回收器状态和软引用规则的对象 • WEAK（弱引用策略）　更积极地移除基于垃圾收集器状态和弱引用规则的对象
flushInterval	刷新间隔，可以被设置为任意的正整数，而且它们代表一个合理的毫秒形式的时间段。默认情况是不设置，也就是没有刷新间隔，缓存仅仅调用语句时刷新
readOnly	只读，属性可以被设置为 true 或 false。只读的缓存会给所有调用者返回缓存对象的相同实例，因此这些对象不能被修改。这提供了很重要的性能优势，可读写的缓存会返回缓存对象的拷贝（通过序列化）。这会慢一些，但是安全，因此默认是 false
size	缓存数目，可以被设置为任意正整数，要记住你缓存的对象数目和你运行环境的可用内存资源数目。默认值是 1024

9.3.2 二级缓存示例

下面来看 MyBatis 二级缓存的应用实例，具体代码如下：

```
@Resource
private SqlSessionFactoryBean sqlSessionFactoryBean;

@Test
```

```
public void testSessionCache() throws Exception{
    SqlSessionFactory sqlSessionFactory =
                                  sqlSessionFactoryBean.getObject();
    SqlSession sqlSession = sqlSessionFactory.openSession();
    AyUserDao ayUserDao = sqlSession.getMapper(AyUserDao.class);
    //第一次查询
    AyUser ayUser = ayUserDao.findById("1");
    System.out.println("name: " + ayUser.getName()
                    + " password:" + ayUser.getPassword());

    //执行 commit 操作（如：更新、插入、删除等操作）
    AyUser user = new AyUser();
    user.setId(1);
    user.setName("al");
    ayUserDao.update(new AyUser());
    ayUserDao.update(ayUser);

    //第二次查询（命中缓存）
    AyUser ayUser2 = ayUserDao.findById("1");
    System.out.println("name: " + ayUser2.getName()
              + "  password:" + ayUser2.getPassword());
    sqlSession.close();;
}
```

AyUserDao 和 AyUserMapper.xml 代码如下：

```
@Repository
public interface AyUserDao {

     AyUser findById(String id);
}

<select id="findById"  parameterType="String" resultMap="userMap">
     SELECT * FROM ay_user
     WHERE id = #{id}
</select>
```

当开启 MyBatis 二级缓存后，执行测试用例 testSessionCache()，控制台打印相关的信息，具体如图 9-4 所示。

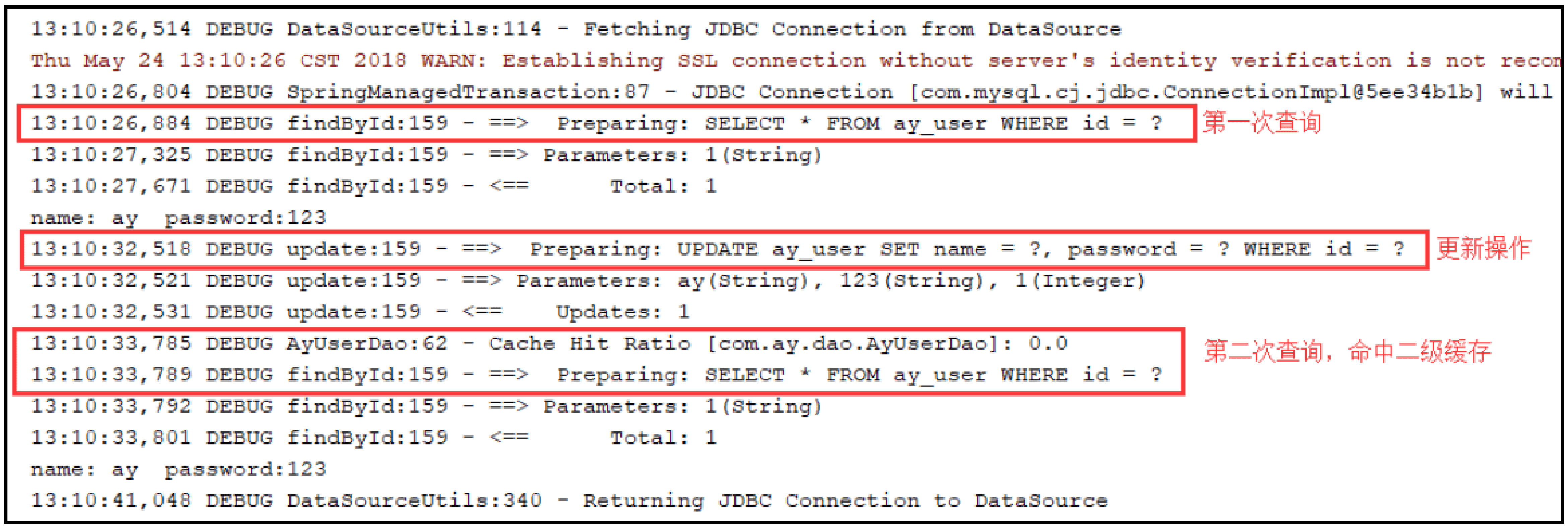


图 9-4　控制台打印的信息

由图 9-4 可知，第一次查询数据时，获取连接、编译 SQL、加载了数据库中的数据。而第二次查询数据之前，进行了 update 操作，相当于进行 commit 操作，也就是说会清空一级缓存来保证数据的最新状态。但是开启了二级缓存，在第二次查询时，会从二级缓存中获取数据。

这里需要注意的是，如果在 select 标签中设置“userCache = false”可以禁用当前 select 语句的二级缓存，具体代码如下：

```
    <select id="findById" useCache="false"  parameterType="String"
resultMap="userMap">
        SELECT * FROM ay_user
        WHERE id = #{id}
    </select>
```

这里简单总结一下二级缓存的特点：

- 缓存是以namespace为单位的，不同的namespace下的操作是互不影响的。
- 增删改查操作会清空namespace下的全部缓存。

还需要注意的是，使用二级缓存需要特别谨慎，有时候不同的 namespace 下的 SQL 配置可能缓存了相同的数据。例如 AyUserMapper.xml 中有很多查询缓存了用户数据，其他的 XXXMapper.xml 中有针对用户表进行单表操作，也缓存了用户数据，如果在 AyUserMapper.xml 中做了刷新缓存的操作，在 XXXMapper.xml 中的缓存数据仍然有效，这样在查询数据时可能会出现脏数据。所以使用 MyBatis 的二级缓存时，要根据具体的业务情况，谨慎使用。

9.3.3　cache-ref 共享缓存

MyBatis 并不是整个 Application 只有一个 Cache 缓存对象，它将缓存划分的更细，也就是 Mapper 级别的，即每一个 Mapper 都可以拥有一个 Cache 对象，具体如下：

（1）为每一个 Mapper 分配一个 Cache 缓存对象（使用<cache>节点配置）。

（2）多个 Mapper 共用一个 Cache 缓存对象（使用<cache-ref>节点配置）。

如果想让多个 Mapper 共用一个 Cache，可以使用<cache-ref namespace="">节点，来指定这个 Mapper 共享哪一个 Mapper 的 Cache 缓存。具体如图 9-5 所示。

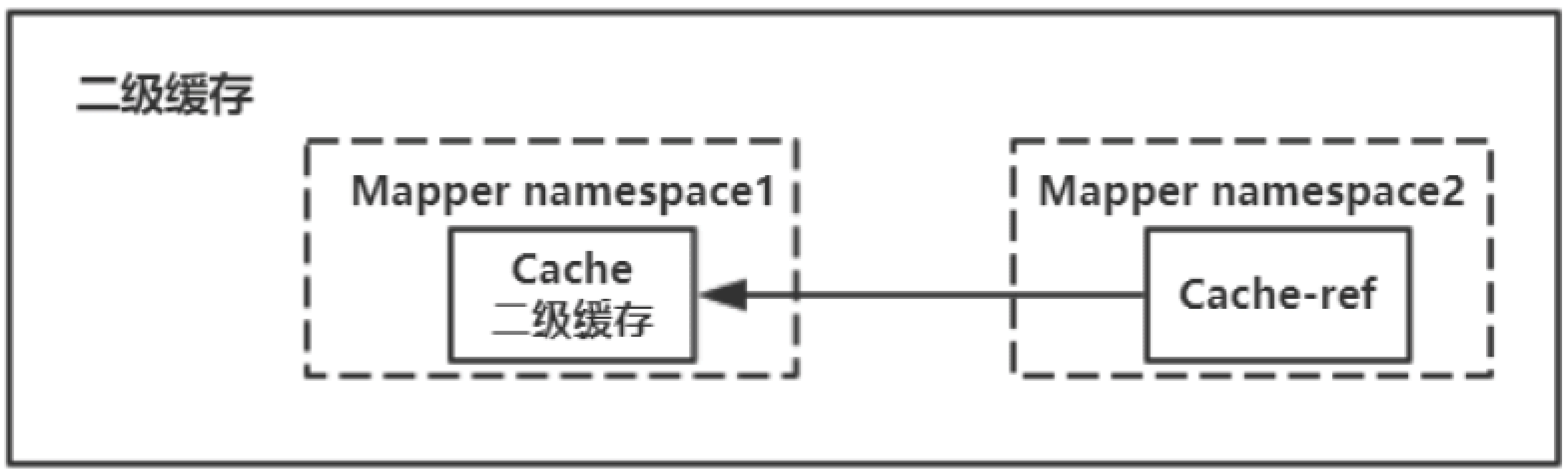


图 9-5　控制台打印的信息

<cache-ref>标签使用实例如下所示。

UserMapper.xml 代码如下：

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<!DOCTYPE mapper PUBLIC "-//mybatis.org//DTD Mapper 3.0//EN"
        "http://mybatis.org/dtd/mybatis-3-mapper.dtd">
<mapper namespace="com.ay.dao.UserDao">
   <!-- 非常重要 -->
    <cache/>
    //省略代码
</mapper>
```

MoodMapper.xml 代码如下：

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<!DOCTYPE mapper PUBLIC "-//mybatis.org//DTD Mapper 3.0//EN"
        "http://mybatis.org/dtd/mybatis-3-mapper.dtd">
<mapper namespace="com.ay.dao.MoodDao">
    //共享 UserMapper 的二级缓存，要求 UserMapper.xml 必须有<cache/>标签
    <cache-ref namespace="com.ay.dao.UserDao"/>
    //省略代码
</mapper>
```

9.4 MyBatis 缓存原理

9.4.1 MyBatis 缓存的工作原理

如图 9-6 所示，一个 SqlSession 对象中创建一个本地缓存（local cache），对于每次查询，都会根据查询条件去一级缓存中查找，如果缓存中存在数据，就直接从缓存中取出，然后返回给用户；否则，从数据库读取数据，将查询结果存入缓存并返回给用户。

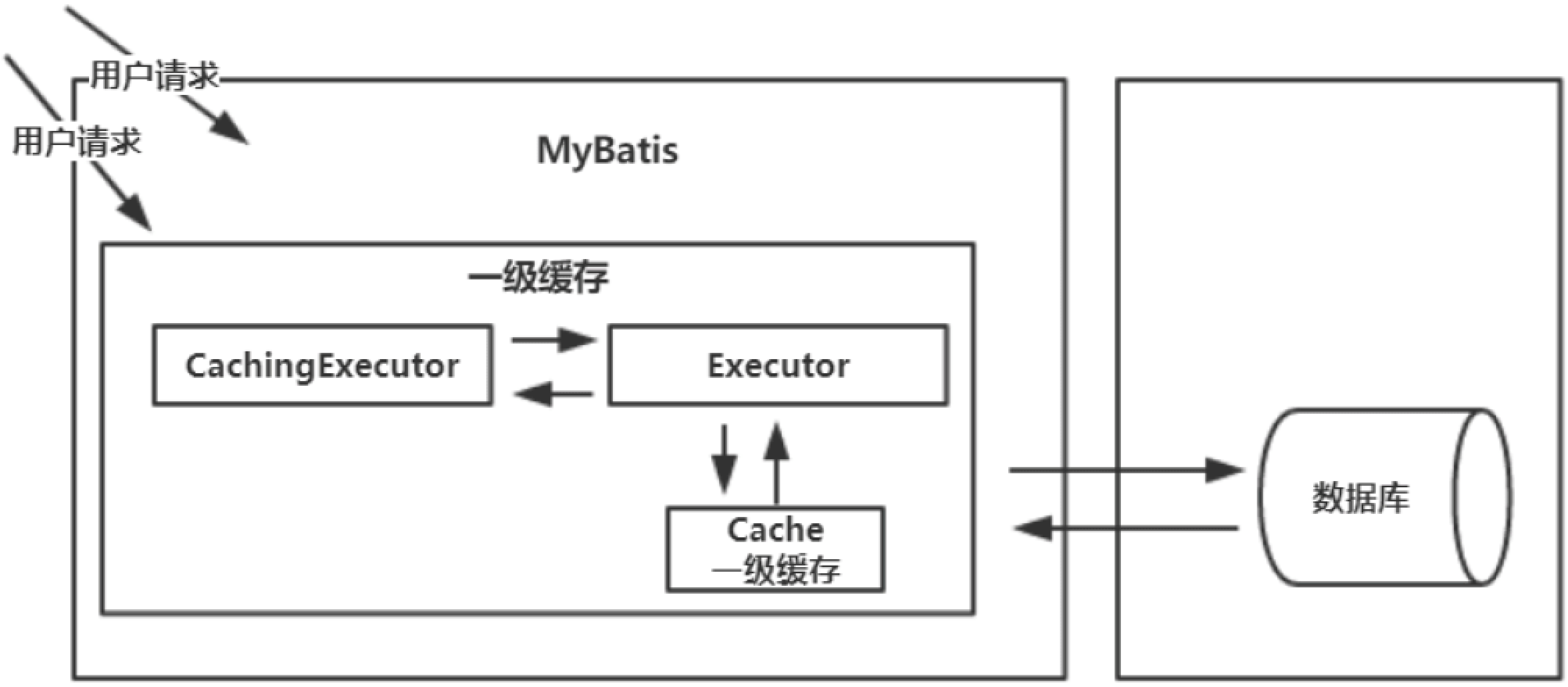


图 9-6 MyBatis 一级缓存机制

SqlSession 将它的工作交给了 Executor 执行器这个角色来完成，负责完成对数据库的各种操作。当创建一个 SqlSession 对象时，MyBatis 会为这个 SqlSession 对象创建一个新的 Executor 执行器，而缓存信息就被维护在这个 Executor 执行器中，MyBatis 将缓存和对缓存相关的操作封装成了 Cache 接口。

如图 9-7 所示，MyBatis 的二级缓存机制的关键是使用 Executor 对象。当开启 SqlSession 会话时，一个 SqlSession 对象使用一个 Executor 对象来完成会话操作。如果用户配置了 "cacheEnabled=true"，那么 MyBatis 在为 SqlSession 对象创建 Executor 对象时，会对 Executor 对象加上一个装饰者：CachingExecutor，这时 SqlSession 使用 CachingExecutor 对象来完成操作请求。CachingExecutor 对于查询请求，会先判断该查询请求在二级缓存中是否有缓存结果，如果有查询结果，则直接返回缓存结果；如果缓存中没有，再交给真正的 Executor 对象来完成查询操作，之后 CachingExecutor 会将真正 Executor 返回的查询结果放置到缓存中，然后再返回给用户。

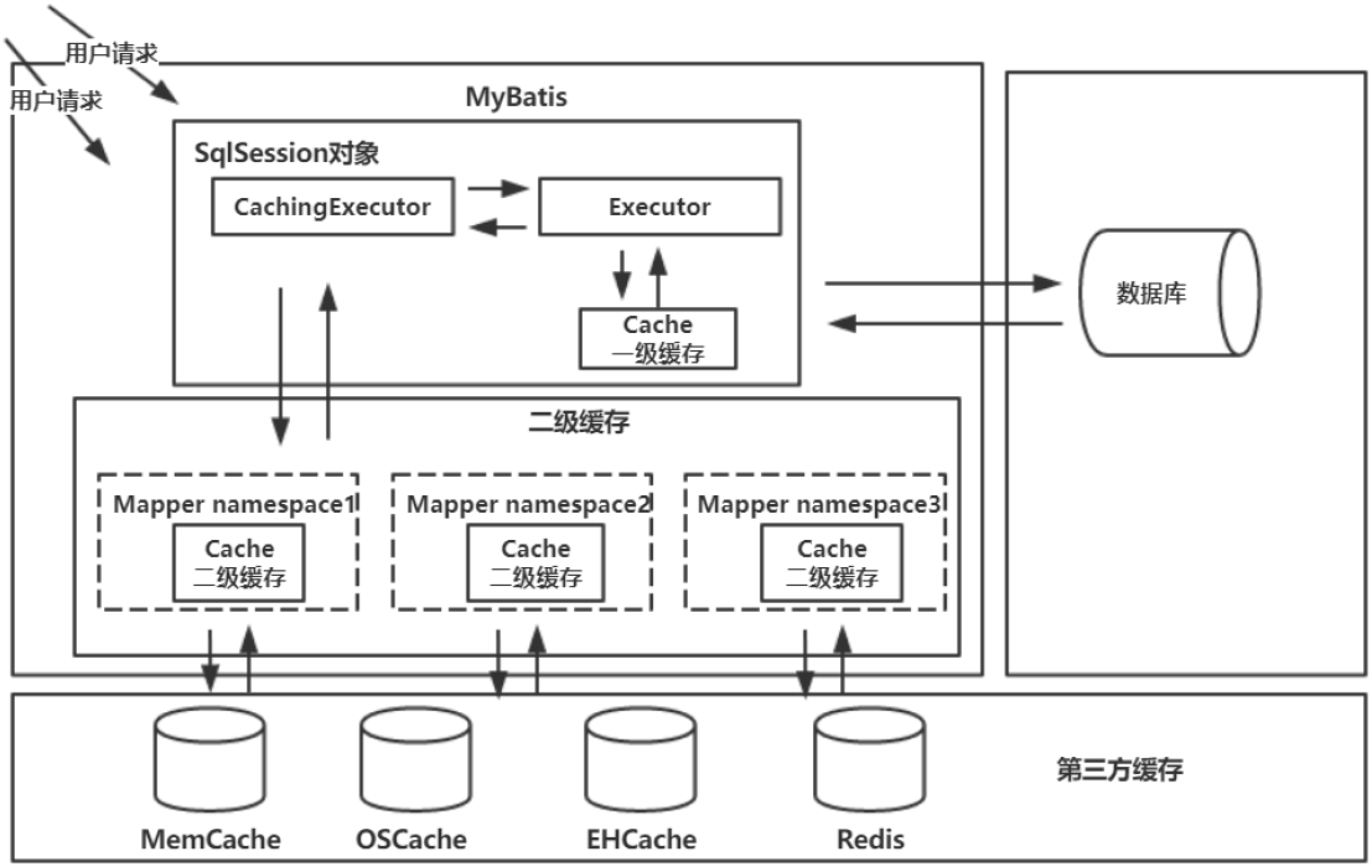


图 9-7　MyBatis 二级缓存机制

9.4.2　装饰器模式

装饰器模式（Decorator Pattern）可以在不改变一个对象本身功能的基础上给对象增加额外的功能。装饰器模式是一种用于替代继承的技术，它通过一种无须定义子类的方式来给对象动态增加职责，使用对象之间的关联关系取代类之间的继承关系。在装饰器模式中引入了装饰类，在装饰类中既可以调用待装饰的原有类的方法，还可以增加新的方法，以扩充原有类的功能。

装饰器模式动态地给一个对象增加一些额外的职责，就增加对象功能来说，装饰器模式比生成子类实现更为灵活。装饰器模式是一种对象结构型模式。

在装饰模式中，为了让系统具有更好的灵活性和可扩展性，通常会定义一个抽象装饰类，而将具体的装饰类作为它的子类，装饰器模式的结构如图 9-8 所示。

在装饰器模式结构图中包含了如下几个角色：

- **Component（抽象构件）**：它是具体构件和抽象装饰类的共同父类，声明了在具体构件中实现的业务方法，它的引入可以使客户端以一致的方式处理未被装饰的对象以及装饰之后的对象，实现客户端的透明操作。

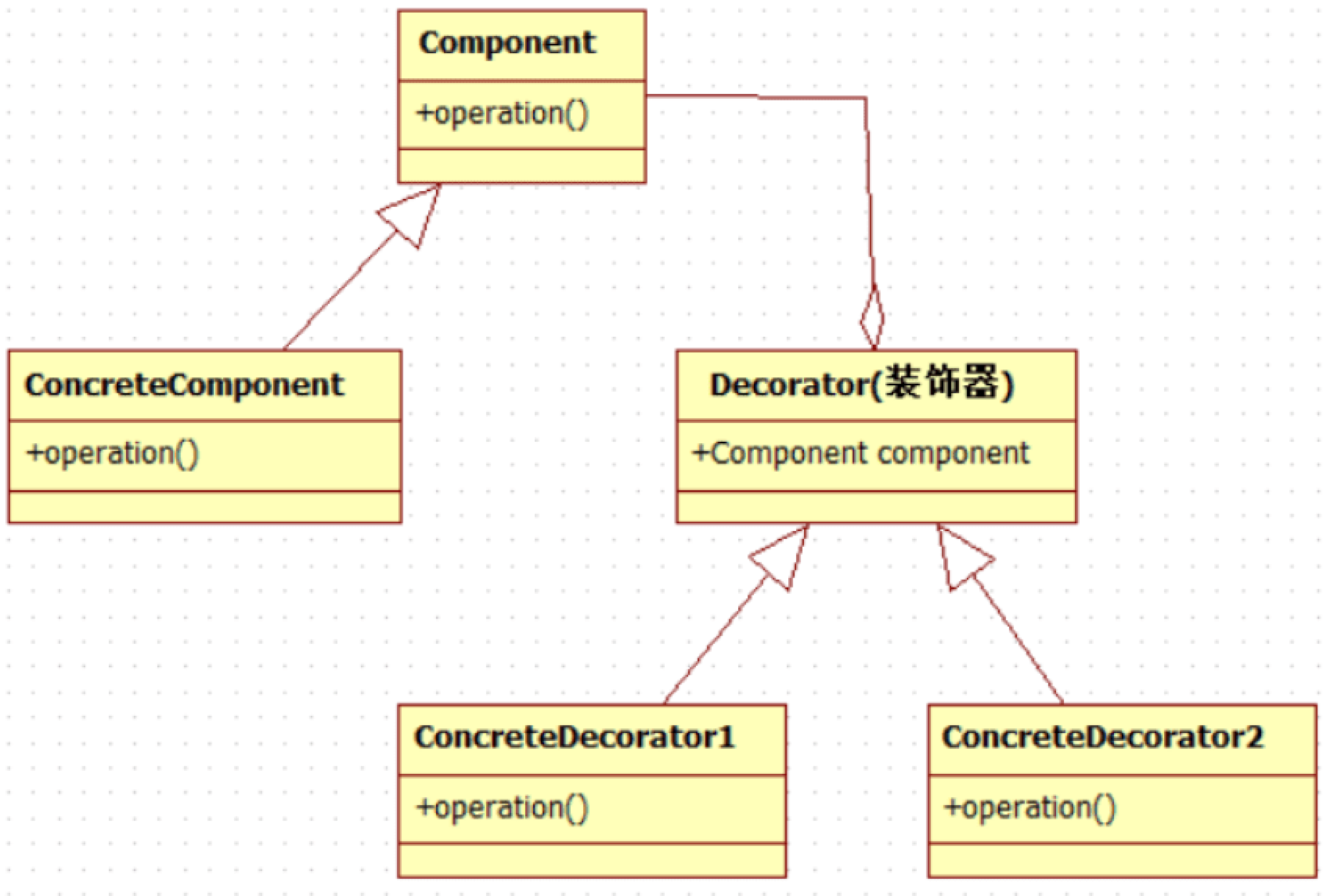


图 9-8 装饰器模式结构图

- ConcreteComponent（具体构件）：它是抽象构件类的子类，用于定义具体的构件对象，实现了在抽象构件中声明的方法，装饰器可以给它增加额外的职责（方法）。
- Decorator（抽象装饰类）：它也是抽象构件类的子类，用于给具体构件增加职责，但是具体职责在其子类中实现。它维护一个指向抽象构件对象的引用，通过该引用可以调用装饰之前构件对象的方法，并通过其子类扩展该方法，以达到装饰的目的。
- ConcreteDecorator（具体装饰类）：它是抽象装饰类的子类，负责向构件添加新的职责。每一个具体装饰类都定义了一些新的行为，它可以调用在抽象装饰类中定义的方法，并可以增加新的方法用以扩充对象的行为。

由于具体构件类和装饰类都实现了相同的抽象构件接口，因此装饰器模式以对客户透明的方式动态地给一个对象附加上更多的责任，换言之，客户端并不会觉得对象在装饰前和装饰后有什么不同。装饰器模式可以在不需要创造更多子类的情况下，将对象的功能加以扩展。

装饰器模式的核心在于抽象装饰类的设计，Decorator（装饰器）的典型代码如下所示：

```
class Decorator implements Component{
    //维持一个对抽象构件对象的引用
    private Component component;
    //注入一个抽象构件类型的对象
    public Decorator(Component component){
        this.component = component;
    }
    //调用原有业务方法
```

```
        public void operation(){
            component.operation();
        }
    }
```

在抽象装饰类Decorator中定义Component类型的对象，维持一个对抽象构件对象的引用，并可以通过构造方法或 Setter 方法将一个 Component 类型的对象注入进来，同时由于 Decorator 类实现了抽象构件 Component 接口，因此需要实现在其中声明的业务方法 operation()。需要注意的是，在 Decorator 中并未真正实现 operation()方法，而只是调用原有 component 对象的 operation()方法，它没有真正实施装饰，而是提供一个统一的接口，将具体装饰过程交给子类完成。

Decorator 的子类即具体装饰类 ConcreteDecorator 中将继承 operation()方法并根据需要进行扩展，典型的具体装饰类代码如下：

```
    class ConcreteDecorator extends Decorator{

        public ConcreteDecorator(Component  component){
            super(component);
        }
        public void operation(){
            //调用原有业务方法
            super.operation();
            //调用新增业务方法
            addedBehavior();
        }
        //新增业务方法
        public  void addedBehavior(){

        }
    }
```

9.4.3　Cache 接口及其实现

Cache 接口是 MyBatis 缓存模块中最核心的接口，它定义了所有缓存的基本行为。Cache 接口的具体源码如下所示：

```
    public interface Cache {
        //该缓存对象的 id
        String getId();
        //向缓存添加数据，一般情况下 key 为 CacheKey，value 为查询结果
        void putObject(Object key, Object value);
```

```
    //根据指定的 key 在缓存中查找对应的结果对象
    Object getObject(Object key);
    //删除 key 对应的缓存项
    Object removeObject(Object key);
    //清空缓存
    void clear();
    //缓存项个数
    int getSize();
    //获取读写锁
    ReadWriteLock getReadWriteLock();

}
```

Cache 接口的实现类有很多，具体如图 9-9 所示。

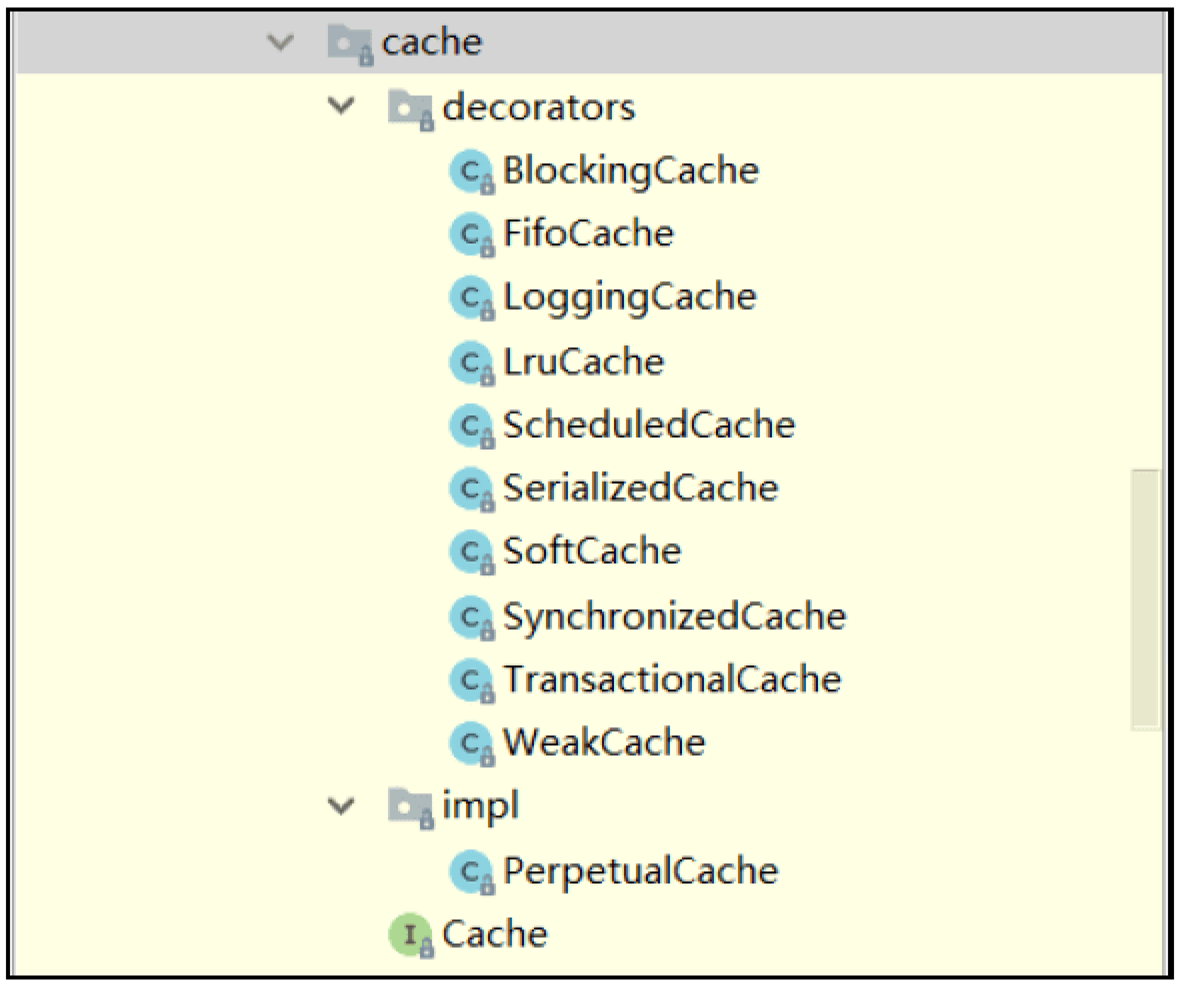


图 9-9 Cache 接口实现类

在 Cache 接口的实现类中，大部分都是装饰器，只有 PerpetualCache 提供了 Cache 接口的基本实现。PerpetualCache 在缓存模块中扮演着 ConcreteComponent（具体构件）的角色，底层使用 HashMap 记录缓存项，PerpetualCache 具体的源码如下：

```
public class PerpetualCache implements Cache {

  private final String id;

  private Map<Object, Object> cache = new HashMap<Object, Object>();

  public PerpetualCache(String id) {}
```

```
    @Override
    public String getId() {}

    @Override
    public int getSize() {}

    @Override
    public void putObject(Object key, Object value) {}

    @Override
    public Object getObject(Object key) {}

    @Override
    public Object removeObject(Object key) {}

    @Override
    public void clear() {}

    @Override
    public ReadWriteLock getReadWriteLock() {}
  }
```

除了 PerpetualCache 缓存类外，Cache 接口的其他实现类都是装饰器，这些装饰器扮演着 ConcreteDecorator 的角色并在 PerpetualCache 的基础上提供额外的功能，通过多个组合后满足一个特定的需求。其他装饰器和 Cache 的类结构如图 9-10 所示。

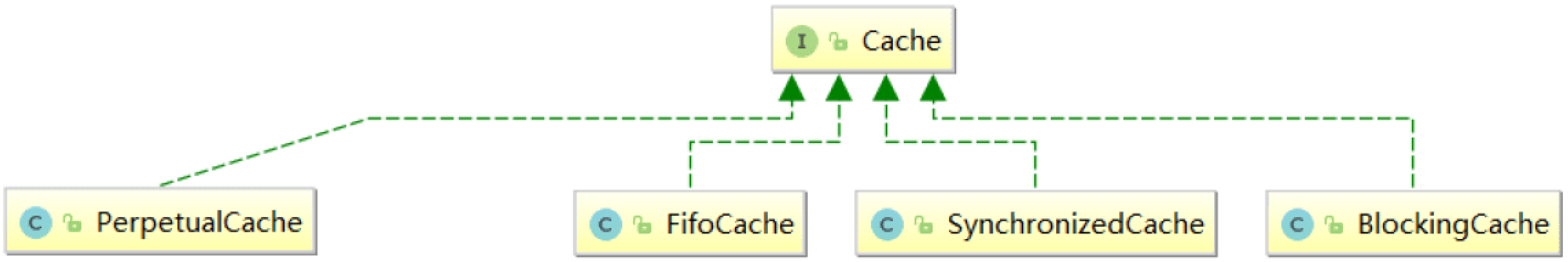


图 9-10　Cache 接口实现类

这里就不再继续剖析每个装饰器缓存类的源码，感兴趣的读者可以自己查看 MyBatis 相关源码进行学习。

第 10 章

Spring MVC 原理剖析

本章主要介绍 Spring MVC 执行流程的原理、前端控制器 DispatcherServlet 的原理、处理映射器和处理适配器的原理以及视图解析器的原理等。

10.1 Spring MVC 执行流程

10.1.1 Spring MVC 执行流程

Spring MVC 框架整体的请求流程如图 10-1 所示，该图显示了用户从请求到响应的完整流程。

（1）用户发起 request 请求，该请求被前端控制器（DispatcherServlet）处理。

（2）前端控制器（DispatcherServlet）请求处理映射器（HandlerMapping）查找 Handler。

（3）处理映射器（HandlerMapping）根据配置查找相关的 Handler，返回给前端控制器（DispatcherServlet）。

（4）前端控制器（DispatcherServlet）请求处理适配器（HandlerAdapter）执行相应的 Handler（或称为 Controller）。

（5）处理适配器（HandlerAdapter）执行 Handler。

（6）Handler 执行完毕后会返回 ModelAndView 对象给 HandlerAdapter。

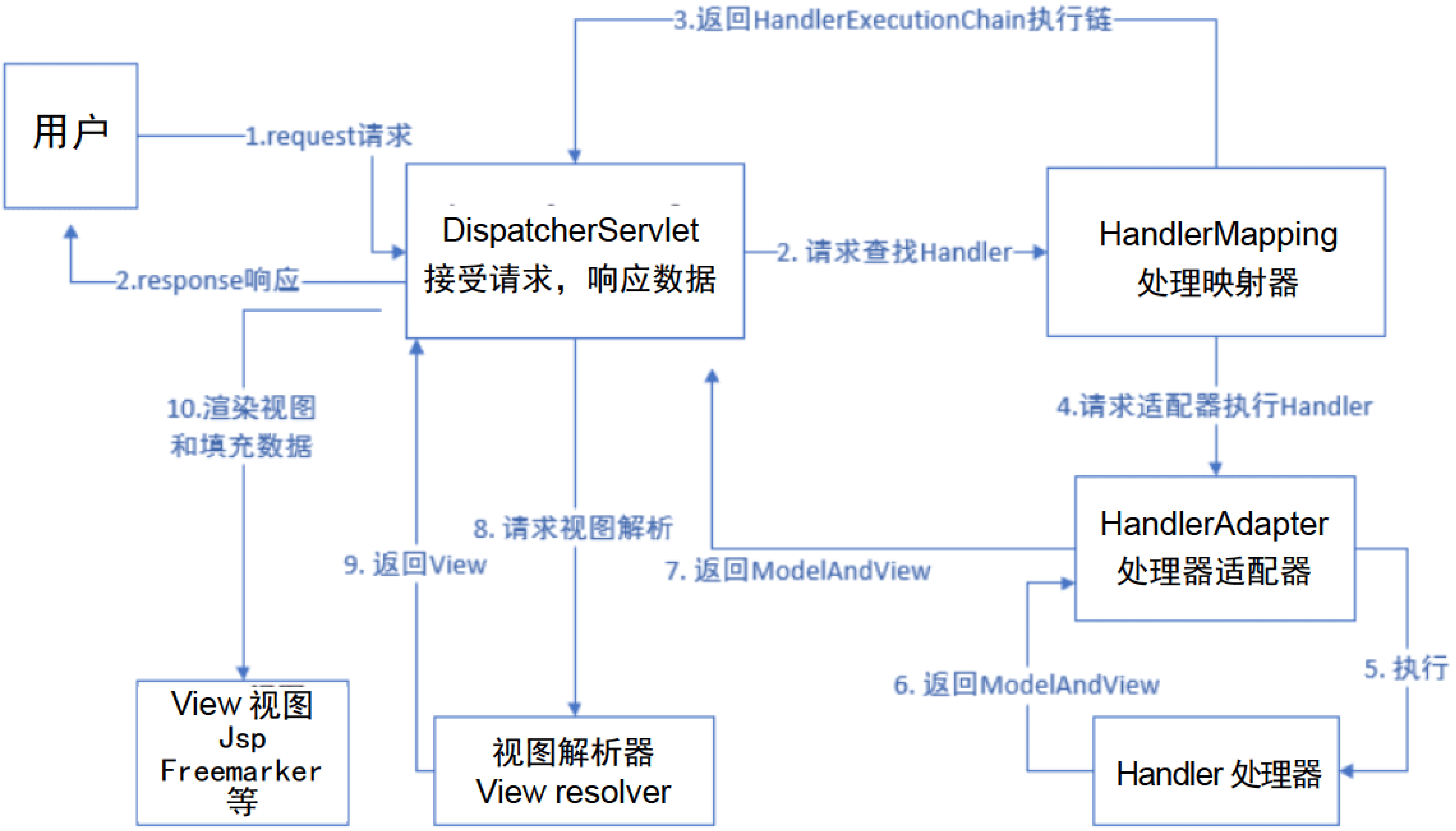


图 10-1　Spring MVC 框架整体的请求流程

（7）HandlerAdapter 对象接收到 Handler 返回的 ModelAndView 对象后，将其返回给前端控制器（DispatcherServlet）。

（8）前端控制器（DispatcherServlet）接收到 ModelAndView 对象后，请求视图解析器（View Resolver）对视图进行解析。

（9）视图解析器（View Resolver）根据 View 信息匹配相应的视图结果，返回给前端控制器（DispatcherServlet）

（10）前端控制器（DispatcherServlet）收到 View 视图后，对视图进行渲染，将 Model 中的模型数据填充到 View 视图中的 request 域，生成最终的视图。

（11）前端控制器（DispatcherServlet）返回请求结果给用户。

处理适配器（HandlerAdapter）执行 Handler（或称为 Controller）的过程中，Spring 还做了一些额外的工作，具体如图 10-2 所示。

- **HttpMessageConverter（消息转换）**：将请求信息，比如：JSON、XML等数据转换成一个对象，并将对象转换为指定的响应信息。
- **数据转换**：对请求的信息进行转换，比如，String转换为Integer、Double等。
- **数据格式化**：对请求消息进行数据格式化，比如字符串转换为格式化数据或者格式化日期等。
- **数据验证**：验证请求数据的有效性，并将验证的结果存储到BindingResult或Error中。

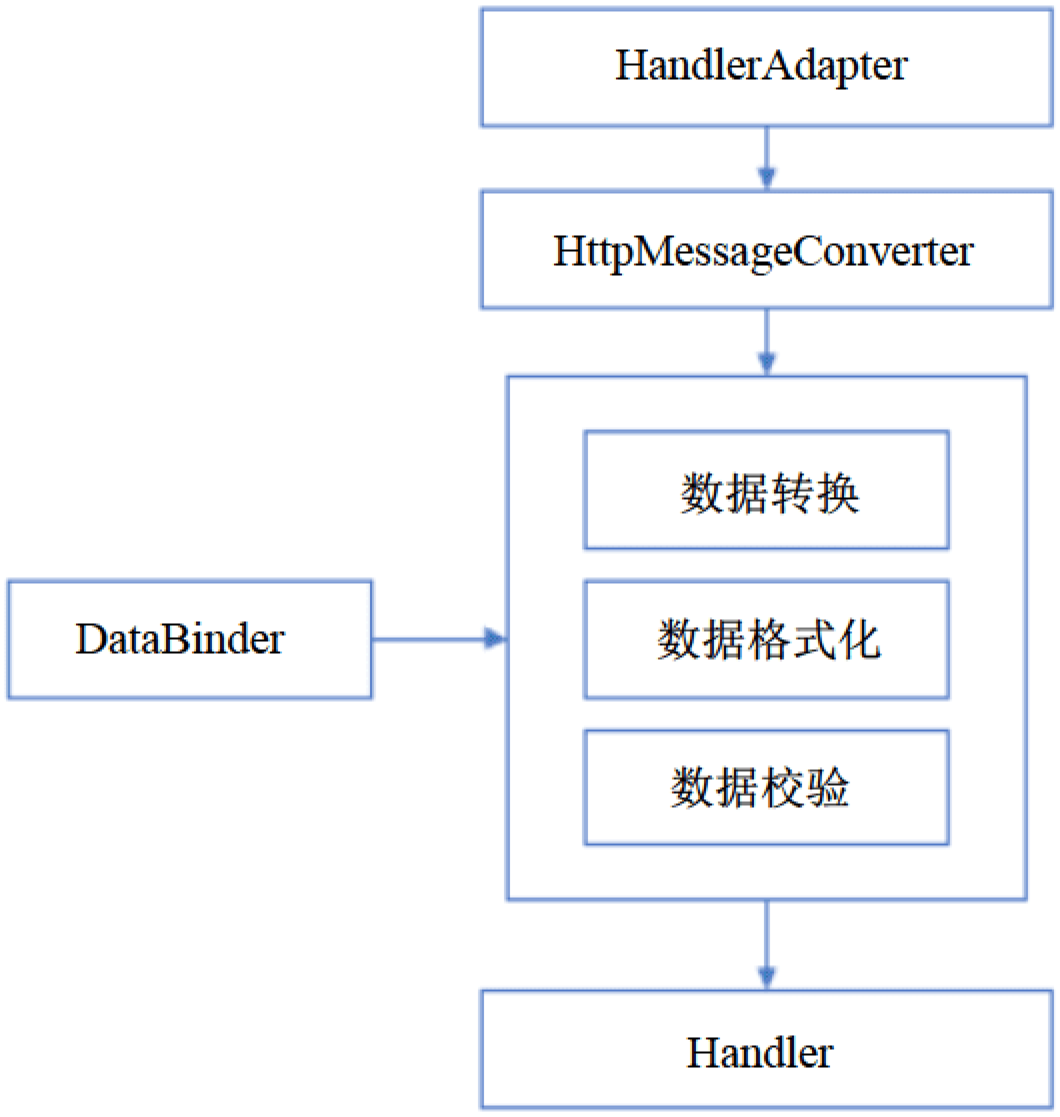


图 10-2　数据转换、格式化、校验

以上就是 Sring MVC 请求到响应的整个工作流程，中间使用到的组件有前端控制器（DispatcherServlet）、处理映射器（HandlerMapping）、处理适配器（HandlerAdapter）、处理器（Handler）、视图解析器（View Resolver）和视图（View）等。各个组件的功能，会在后续章节简单介绍。

10.1.2　前端控制器 DispatcherServlet

前端控制器 DispatcherServlet 的作用就是接受用户请求，然后给用户响应结果。它的作用相当于一个转发器或中央处理器，控制整个流程的执行，对各个组件进行统一调度，以降低组件之间的耦合性，有利于组件之间的扩展。

DispatcherServlet 部分的源码如下所示：

```
public class DispatcherServlet extends FrameworkServlet {

    private LocaleResolver localeResolver;
    private ThemeResolver themeResolver;
        private List<HandlerMapping> handlerMappings;
    private List<HandlerAdapter> handlerAdapters;
        private List<HandlerExceptionResolver> handlerExceptionResolvers;
    private RequestToViewNameTranslator viewNameTranslator;
    private FlashMapManager flashMapManager;
        private List<ViewResolver> viewResolvers;
    //省略代码
```

```
    protected void initStrategies(ApplicationContext context) {
            initMultipartResolver(context);
            initLocaleResolver(context);
            initThemeResolver(context);
            initHandlerMappings(context);
            initHandlerAdapters(context);
            initHandlerExceptionResolvers(context);
            initRequestToViewNameTranslator(context);
            initViewResolvers(context);
            initFlashMapManager(context);
    }
}
```

DispatcherServlet 类的类继承结构如图 10-3 所示。

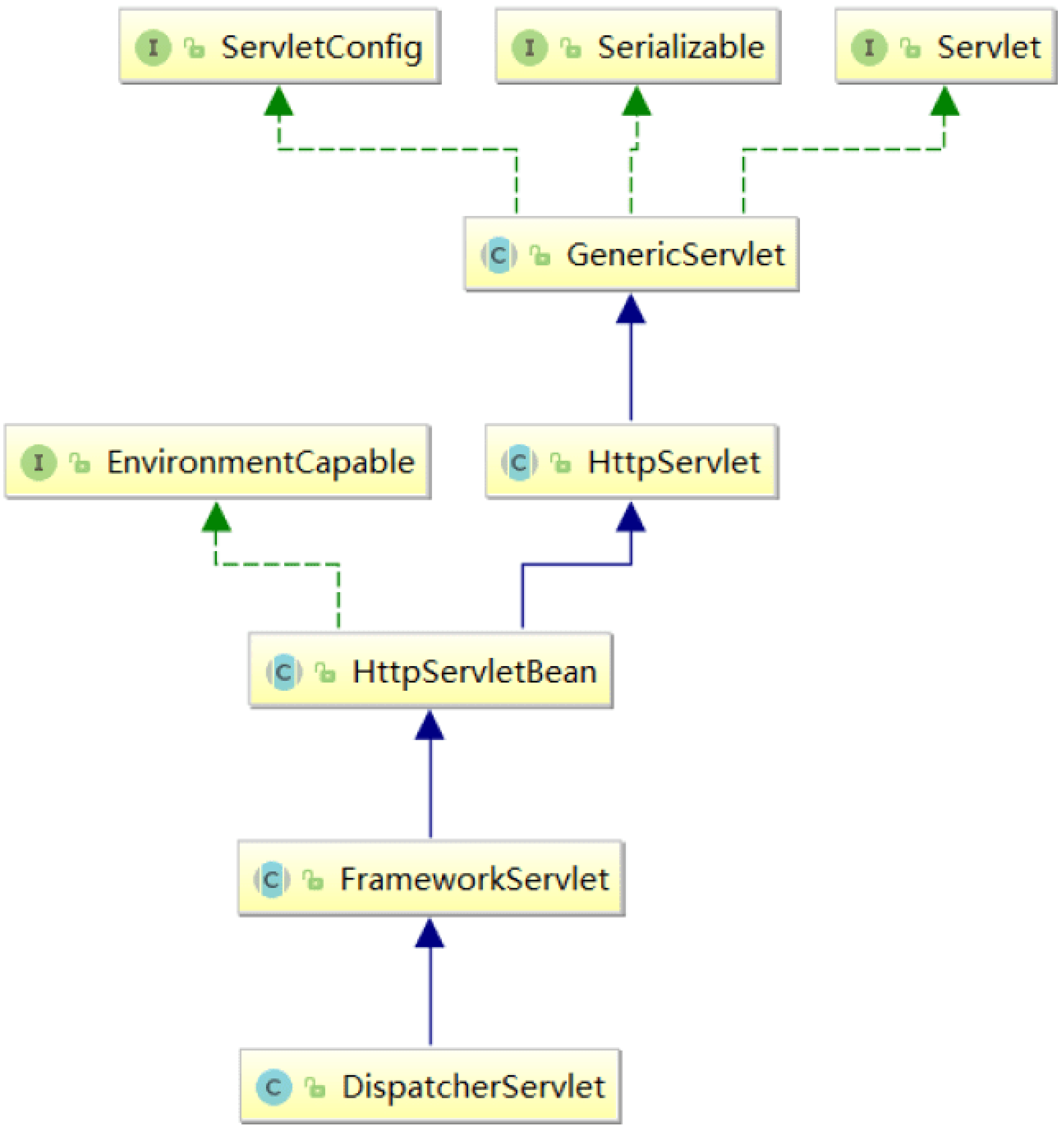


图 10-3 DispatcherServlet 的类结构

由图 10-3 可知，DispatcherServlet 最上层的父类是 Servlet 类，也就是说 DispatcherServlet 也是一个 Servlet，且包含有 deGet()和 doPost()方法。initStrategies 方法在 WebApplicationContext 初始化后自动执行，自动扫描上下文的 Bean，根据名称或者类型匹配的机制查找自定义的组件，如果没有找到，会装配 Spring 的默认组件。Spring 的默认组件在 org.springframework.web.servlet 路径下的 DispatcherServlet.properties 配置文件中配置。DispatcherServlet.properties 的具体代码如下：

```
    # Default implementation classes for DispatcherServlet's strategy
interfaces.
    # Used as fallback when no matching beans are found in the DispatcherServlet
context.
    # Not meant to be customized by application developers.
    //本地化解析器
    org.springframework.web.servlet.LocaleResolver=org.springframework.web.s
ervlet.i18n.AcceptHeaderLocaleResolver
    //主题解析器
    org.springframework.web.servlet.ThemeResolver=org.springframework.web.se
rvlet.theme.FixedThemeResolver
    //处理映射器
    org.springframework.web.servlet.HandlerMapping=org.springframework.web.s
ervlet.handler.BeanNameUrlHandlerMapping,\
    org.springframework.web.servlet.mvc.method.annotation.RequestMappingHand
lerMapping
    //处理适配器
    org.springframework.web.servlet.HandlerAdapter=org.springframework.web.s
ervlet.mvc.HttpRequestHandlerAdapter,\
        org.springframework.web.servlet.mvc.SimpleControllerHandlerAdapter,\
        org.springframework.web.servlet.mvc.method.annotation.RequestMapping
HandlerAdapter
    //异常处理器
    org.springframework.web.servlet.HandlerExceptionResolver=org.springframe
work.web.servlet.mvc.method.annotation.ExceptionHandlerExceptionResolver,\
        org.springframework.web.servlet.mvc.annotation.ResponseStatusExcepti
onResolver,\
        org.springframework.web.servlet.mvc.support.DefaultHandlerExceptionR
esolver
    //视图名称解析器
    org.springframework.web.servlet.RequestToViewNameTranslator=org.springfr
amework.web.servlet.view.DefaultRequestToViewNameTranslator
    //视图解析器
    org.springframework.web.servlet.ViewResolver=org.springframework.web.ser
vlet.view.InternalResourceViewResolver
    //FlashMap 映射管理器
    org.springframework.web.servlet.FlashMapManager=org.springframework.web.
servlet.support.SessionFlashMapManager
```

DispatcherServlet 类包含许多方法，大致可以分为以下三类：

（1）初始化相关处理类的方法，比如 initMultipartResolver()、initLocaleResolver()等。
（2）响应 HTTP 请求的方法。
（3）执行处理请求逻辑的方法。

DispatcherServlet 装配的组件，具体内容如下所示：

- **本地化解析器（LocaleResolver）**：本地化解析，只允许一个实例。因为Spring支持国际化，所以LocalResover解析客户端的Locale信息从而方便进行国际化。如果没有找到，使用默认的实现类AcceptHeaderLocaleResolver作为该类型的组件。
- **主题解析器（ThemeResovler）**：主题解析，只允许一个实例。通过它来实现一个页面多套风格，即常见的类似于软件皮肤效果。如果没有找到，使用默认的实现类FixedThemeResolver作为该类型的组件。
- **处理映射器（HandlerMapping）**：请求到处理器的映射，允许多个实例。如果映射成功返回一个HandlerExecutionChain对象（包含一个Handler处理器[页面控制器]）对象、多个HandlerInterceptor拦截器）对象；如果detectHandlerMappings的属性为true（默认为true），则根据类型匹配机制查找上下文及Spring容器中所有类型为HandlerMapping的Bean，将它们作为该类型的组件。如果detectHandlerMappings的属性为false，则查找名为handlerMapping、类型为HandlerMapping的Bean作为该类型组件。如果以上两种方式都没有找到，则使用BeanNameUrlHandlerMapping实现类创建该类型的组件。BeanNameUrlHandlerMapping将URL与Bean名字映射，映射成功的Bean就是此处的处理器。
- **处理适配器（HandlerAdapter）**：允许多个实例，HandlerAdapter将会把处理器包装为适配器，从而支持多种类型的处理器，即适配器设计模式的应用，从而很容易支持很多类型的处理器。如SimpleControllerHandlerAdapter将对实现了Controller接口的Bean进行适配，并且按处理器的handleRequest方法进行功能处理。默认使用DispatcherServlet.properties配置文件中指定的三个实现类分别创建一个适配器，并将其添加到适配器列表中。
- **处理异常解析器（HandlerExceptionResolver）**：允许多个实例。处理器异常解析可以将异常映射到相应的统一错误界面，从而显示用户友好的界面（而不是给用户看到具体的错误信息）。默认使用DispatcherServlet.properties配置文件中定义的实现类。
- **视图名称解析器（ViewNameTranslator）**：只允许一个实例。默认使用DefaultRequestToViewNameTranslator作为该类型的组件。
- **视图解析器（ViewResolver）**：允许多个实例。ViewResolver将把逻辑视图名解析为具体的View，通过这种策略模式，很容易更换其他视图技术，如InternalResourceViewResolver将逻辑视图名映射为JSP视图。

- **FlashMap映射管理器：**查找名为FlashMapManager、类型为SessionFlashMapManager的bean作为该类型组件，用于管理FlashMap，即数据默认存储在HttpSession中。

需要注意的是，DispatcherServlet 装配的各种组件，有些只允许一个实例，有些则允许多个实例。如果同一个类型的组件存在多个，可以通过 Order 属性确定优先级的顺序，值越小的优先级越高。

10.2 处理映射器和适配器

10.2.1 处理映射器

处理映射器 HandlerMapping 是指请求到处理器的映射时，允许有多个实例。如果映射成功返回一个 HandlerExecutionChain 对象（包含一个 Handler 处理器[页面控制器]对象、多个 HandlerInterceptor 拦截器）对象。Spring MVC 提供了多个处理映射器 HandlerMapping 实现类，下面分别进行说明。

1. BeanNameUrlHandlerMapping

BeanNameUrlHandlerMapping 是默认映射器，在不配置的情况下，默认就使用这个类来映射请求。其映射规则是根据请求的 URL 与 Spring 容器中定义的处理器 bean 的 name 属性值进行匹配，从而在 Spring 容器中找到 Handler（处理器）的 bean 实例。

```
//默认映射器，在不配置的情况下，默认就使用这个来映射请求。
<bean class="org.springframework.web.servlet.
handler.BeanNameUrlHandlerMapping"></bean>
//映射器把请求映射到 controller
<beanid="testController" name="/hello.do"
class="cn.itcast.controller.TestController"></bean>
```

2. SimpleUrlHandlerMapping

SimpleUrlHandlerMapping 根据浏览器 URL 匹配 prop 标签中的 key，通过 key 找到对应的 Controller。

```
<bean class="org.springframework.web.servlet.handler.
                                              SimpleUrlHandlerMapping">
      <property name="mappings">
         <props>
            <prop key="/hello.do">testController</prop>
```

```
                <prop key="/test.do">testController</prop>
            </props>
        </property>
    </bean>
    <bean id="testController"
    name="/hello.do" class="cn.itcast.controller.TestController"></bean>
```

上述配置了两个不同的 URL 映射，对应于同一个 Controller 配置。也就是说，在浏览器中发起两个不同的 URL 请求，会得到相同的处理结果。

10.2.2　处理适配器

处理适配器(HandlerAdapter)允许多个实例，HandlerAdapter 将会把处理器包装为适配器，从而支持多种类型的处理器，即适配器设计模式的应用，从而很容易支持多种类型的处理器。如 SimpleControllerHandlerAdapter 将对实现了 Controller 接口的 Bean 进行适配，并且按处理器的 handleRequest 方法进行功能处理。默认使用 DispatcherServlet.properties 配置文件中指定的三个实现类分别创建一个适配器，并将其添加到适配器列表中。

Spring MVC 提供了多个处理适配器（HandlerAdapter）实现类，分别说明如下。

1. SimpleControllerHandlerAdapter

SimpleControllerHandlerAdapter 支持所有实现 Controller 接口的 Handler 控制器，是 Controller 实现类的适配器类，其本质是执行 Controller 类中的 handleRequest 方法。SimpleControllerHandlerAdapter 的源码如下：

```
    public class SimpleControllerHandlerAdapter implements HandlerAdapter {

            @Override
            public boolean supports(Object handler) {
                //判断是否实现 Controller 接口
                return (handler instanceof Controller);
            }

            @Override
            @Nullable
            public ModelAndView handle(HttpServletRequest request,
            HttpServletResponse response, Object handler) throws Exception {
                //将 handler 强制转换为 Controller，并调用 handleRequest 方法
                return ((Controller) handler).handleRequest(request, response);
        }
```

```
        @Override
        public long getLastModified(HttpServletRequest request,
        Object handler) {
                if (handler instanceof LastModified) {
                    return ((LastModified) handler).getLastModified(request);
                }
                return -1L;
            }
    }
```

Controller 接口的定义也很简单，仅仅定义了一个 handleRequest 方法，具体源码如下：

```
        @FunctionalInterface
    public interface Controller {
        @Nullable
        ModelAndView handleRequest(HttpServletRequest request,
HttpServletResponse response) throws Exception;
    }
```

2. HttpRequestHandlerAdapter

HttpRequestHandlerAdapter 本质是调用 HttpRequestHandler 的 handleRequest 方法，请看下述代码示例：

```
    public class HttpRequestHandlerAdapter implements HandlerAdapter {
            @Override
            public boolean supports(Object handler) {
                 //判断是否是 HttpRequestHandler 类型
                return (handler instanceof HttpRequestHandler);
        }
            @Override
            @Nullable
            public ModelAndView handle(HttpServletRequest request,
            HttpServletResponse response, Object handler) throws Exception {
                //执行 HttpRequestHandler 的 handleRequest 方法
                ((HttpRequestHandler) handler).handleRequest(request,
                  response);
                return null;
            }
            @Override
            public long getLastModified(HttpServletRequest request, Object
handler) {
```

```
            //返回 modified 值
                if (handler instanceof LastModified) {
                    return ((LastModified) handler).getLastModified(request);
                }
                return -1L;
            }
    }
```

HttpRequestHandlerAdapter 本质是 HttpRequestHandler 的适配器，最终调用 HttpRequestHandler 的 handleRequest 方法。接口 HttpRequestHandler 的实现如下：

```
    @FunctionalInterface
    public interface HttpRequestHandler {
        oid handleRequest(HttpServletRequest request, HttpServletResponse
                          response) throws ServletException, IOException;
    }
```

3. RequestMappingHandlerAdapter

RequestMappingHandlerAdapter 其父类是 AbstractHandlerMethodAdapter 抽象类，AbstractHandlerMethodAdapter 只是简单地实现了 HandlerAdapter 中定义的接口，最终还是在 RequesrMappingHandlerAdapter 中对代码进行实现的，AbstractHandlerMethodAdapter 中增加了执行顺序 Order，具体如图 10-4 所示。

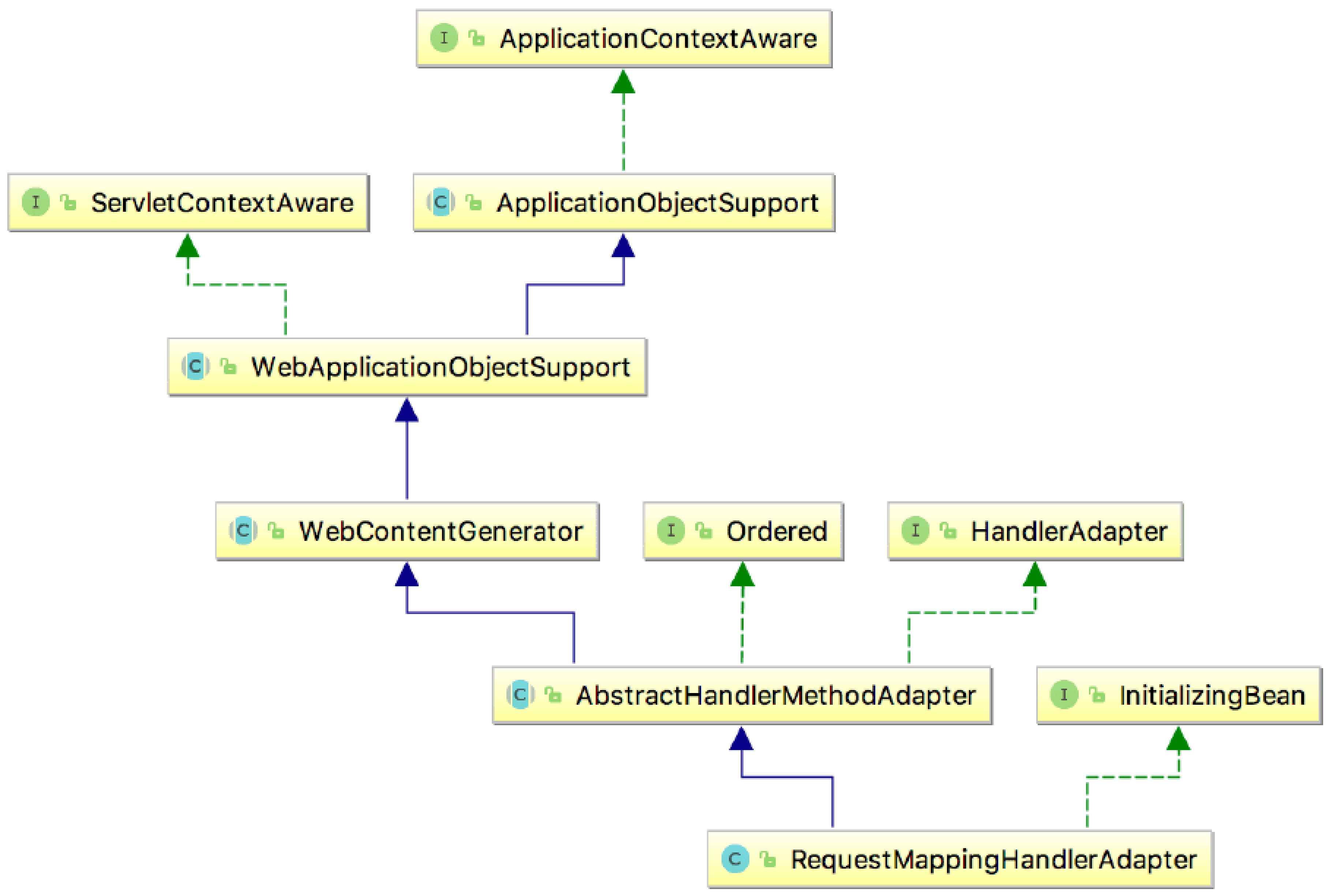


图 10-4　RequestMappingHandlerAdapter 类继承关系

AbstractHandlerMethodAdapter 的源码如下：

```
public abstract class AbstractHandlerMethodAdapter
extends WebContentGenerator implements HandlerAdapter, Ordered {
        private int order = Ordered.LOWEST_PRECEDENCE;
        public AbstractHandlerMethodAdapter() {
            // no restriction of HTTP methods by default
            super(false);
        }
        public void setOrder(int order) {
            this.order = order;
        }

        public int getOrder() {
            return this.order;
        }

        public final boolean supports(Object handler) {
            return (handler instanceof HandlerMethod &&
                supportsInternal((HandlerMethod) handler));
        }
        protected abstract boolean supportsInternal(HandlerMethod
        handlerMethod);

        public final ModelAndView handle(HttpServletRequest request,
        HttpServletResponse response, Object handler) throws Exception {
            return handleInternal(request, response, (HandlerMethod)
            handler);
        }
        //未实现的抽象方法
        protected abstract ModelAndView handleInternal(HttpServletRequest
        request, HttpServletResponse response, HandlerMethod handlerMethod)
        throws Exception;

        public final long getLastModified(HttpServletRequest request,
        Object handler) {
            return getLastModifiedInternal(request, (HandlerMethod)
            handler);
        }
```

```
        //未实现的抽象方法
        protected abstract long getLastModifiedInternal(HttpServletRequest
                        request, HandlerMethod handlerMethod);
  }
```

RequestMappingHandlerAdapter 实现 AbstractHandlerMethodAdapter 类，真正意义上实现了 HandlerAdapter 的功能。RequestMappingHandlerAdapter 的部分源码如下：

```
    public class RequestMappingHandlerAdapter extends
                                            AbstractHandlerMethodAdapter
    implements BeanFactoryAware, InitializingBean {
    //默认返回 true
    protected boolean supportsInternal(HandlerMethod handlerMethod) {
            return true;
        }
    //默认返回-1
    protected long getLastModifiedInternal(HttpServletRequest request,
    HandlerMethod handlerMethod) {
            return -1;
        }
    //
    protected ModelAndView handleInternal(HttpServletRequest request,
        HttpServletResponse response, HandlerMethod handlerMethod) throws
        Exception {
        ModelAndView mav;
        //检查 request 请求方法 method 是否支持
        checkRequest(request);
        //Execute invokeHandlerMethod in synchronized block if required.
        //判断是否需要在 synchronize 块中执行
        if (this.synchronizeOnSession) {
                HttpSession session = request.getSession(false);
                if (session != null) {
                    Object mutex = WebUtils.getSessionMutex(session);
                    synchronized (mutex) {
                        mav = invokeHandlerMethod(request, response,
                        handlerMethod);
                    }
                }
                else {
                   // No HttpSession available -> no mutex necessary
                   mav = invokeHandlerMethod(request, response,
```

```
                                                handlerMethod);
                }
            }
            else {
                // No synchronization on session demanded at all...
                mav = invokeHandlerMethod(request, response,
                                          handlerMethod);
            }
            //省略代码
            return mav;
        }

}
```

从上述代码可知，RequestMappingHandlerAdapter 的处理逻辑主要由 handleInternal()实现，而核心处理逻辑由方法 invokeHandlerMethod()实现，invokeHandlerMethod 方法具体源码如下：

```
//调用处理器方法，即要执行的 Controller 中的具体的方法
protected ModelAndView invokeHandlerMethod(HttpServletRequest request,
        HttpServletResponse response, HandlerMethod handlerMethod)
        throws Exception {
    ServletWebRequest webRequest = new ServletWebRequest(request, response);
        try {
        //绑定数据
            WebDataBinderFactory binderFactory =
                                getDataBinderFactory(handlerMethod);
            ModelFactory modelFactory = getModelFactory(handlerMethod,
                                                binderFactory);
ServletInvocableHandlerMethod invocableMethod =
                        createInvocableHandlerMethod(handlerMethod);
            if (this.argumentResolvers != null) {
                invocableMethod.setHandlerMethodArgumentResolvers
                                        (this.argumentResolvers);
            }
            if (this.returnValueHandlers != null) {
                invocableMethod.setHandlerMethodReturnValueHandlers
                                        (this.returnValueHandlers);
            }
            invocableMethod.setDataBinderFactory(binderFactory);
            invocableMethod.setParameterNameDiscoverer
                                        (this.parameterNameDiscoverer);
```

```
        //创建 ModelAndView 容器
            ModelAndViewContainer mavContainer = new
                                            ModelAndViewContainer();
            mavContainer.addAllAttributes
                    (RequestContextUtils.getInputFlashMap(request));
            //初始化 model
modelFactory.initModel(webRequest, mavContainer, invocableMethod);
            mavContainer.setIgnoreDefaultModelOnRedirect
                        (this.ignoreDefaultModelOnRedirect);
            AsyncWebRequest asyncWebRequest =
                WebAsyncUtils.createAsyncWebRequest(request, response);
            asyncWebRequest.setTimeout(this.asyncRequestTimeout);
            WebAsyncManager asyncManager =
                        WebAsyncUtils.getAsyncManager(request);
            asyncManager.setTaskExecutor(this.taskExecutor);
            asyncManager.setAsyncWebRequest(asyncWebRequest);
            asyncManager.registerCallableInterceptors
                        (this.callableInterceptors);
            asyncManager.registerDeferredResultInterceptors
                        (this.deferredResultInterceptors);
            if (asyncManager.hasConcurrentResult()) {
                Object result = asyncManager.getConcurrentResult();
                mavContainer = (ModelAndViewContainer)
                        asyncManager.getConcurrentResultContext()[0];
                asyncManager.clearConcurrentResult();
                if (logger.isDebugEnabled()) {
                    logger.debug("Found concurrent result value
                    [" + result + "]");
                }
                invocableMethod = invocableMethod.
                            wrapConcurrentResult(result);
            }
        //执行处理器的方法
            invocableMethod.invokeAndHandle(webRequest, mavContainer);
            if (asyncManager.isConcurrentHandlingStarted()) {
                return null;
            }
        //返回 ModelAndView
            return getModelAndView(mavContainer, modelFactory, webRequest);
        }finally {
```

```
                webRequest.requestCompleted();
            }
    }
```

从上述代码可知，RequestMappingHandlerAdapter 内部对于每个请求都会实例化一个 ServletInvocableHandlerMethod（InvocableHandlerMethod 的子类）进行处理。ServletInvocableHandlerMethod 类继承关系如图 10-5 所示。

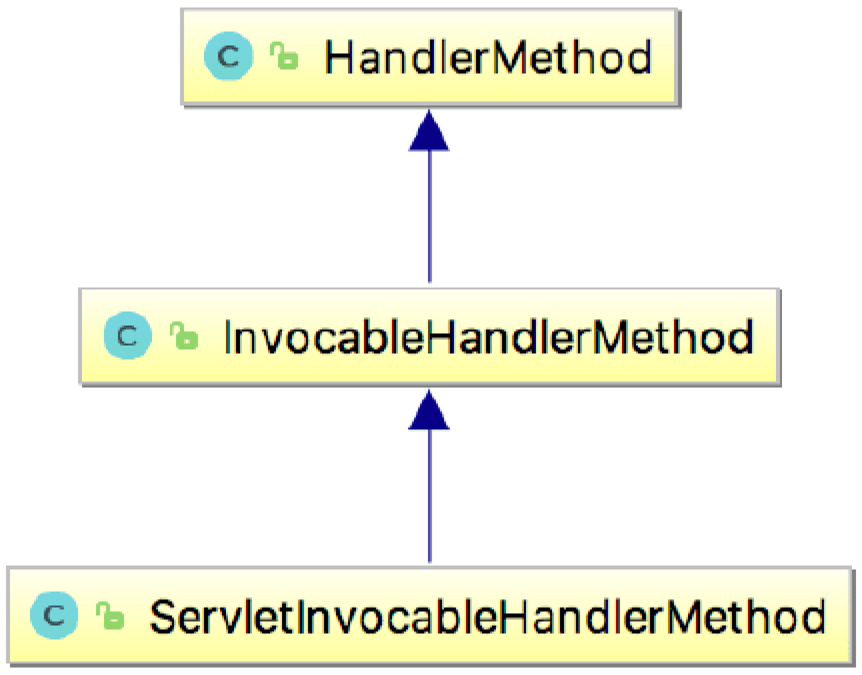


图 10-5 ServletInvocableHandlerMethod 类继承关系

InvocableHadlerMethod 类通过调用 getMethodArgumentValues()获取方法的输入参数，具体源码如下：

```
    private Object[] getMethodArgumentValues(NativeWebRequest request,
    @Nullable ModelAndViewContainer mavContainer,
     Object... providedArgs) throws Exception {
        MethodParameter[] parameters = this.getMethodParameters();
        Object[] args = new Object[parameters.length];
        for(int i = 0; i < parameters.length; ++i) {
            MethodParameter parameter = parameters[i];
            parameter.initParameterNameDiscovery
                                        (this.parameterNameDiscoverer);
            args[i] = this.resolveProvidedArgument(parameter, providedArgs);
            if (args[i] == null) {
                //获取能够处理入参的 ArgumentResolver，然后解析参数
                if (this.argumentResolvers.supportsParameter(parameter)) {
                    try {
                        args[i] = this.argumentResolvers.resolveArgument(parameter,
                        mavContainer, request, this.dataBinderFactory);
                    } catch (Exception var9) {
                        if (this.logger.isDebugEnabled()) {
```

```
                    this.logger.debug
                    (this.getArgumentResolutionErrorMessage
                    ("Failed to resolve", i), var9);
                }
                throw var9;
            }
        } else if (args[i] == null) {
            throw new IllegalStateException("Could not resolve method
              parameter at index " + parameter.getParameterIndex() + " in "
              + parameter.getExecutable().toGenericString() + ": "
              +this.getArgumentResolutionErrorMessage("No suitable
              resolver for", i));
        }
    }
  }
  return args;
}
```

从上述代码可知，解析参数的方式和 handlerMappings、handlerAdapters 类似，都是从一个 HandlerMethodArgumentResolver 列表中遍历，找到一个能够处理的 bean，然后调用 bean 的核心方法处理。HandlerMethodArgumentResolver 接口的定义如下所示：

```
public interface HandlerMethodArgumentResolver {
    boolean supportsParameter(MethodParameter var1);

    Object resolveArgument(MethodParameter var1,ModelAndViewContainer var2,
 NativeWebRequest var3, WebDataBinderFactory var4) throws Exception;
}
```

HandlerMethodArgumentResolver 类通过 supportsParameter 筛选符合条件的 resolver，然后调用 resolver 的 resolveArgument 解析前端参数。Spring 提供许多 HandlerMethodArgumentResolver，具体可以在 RequestMappingHandlerAdapter.afterPropertiesSet() 方法中查看。

```
private List<HandlerMethodArgumentResolver> getDefaultArgumentResolvers() {
        List<HandlerMethodArgumentResolver> resolvers = new ArrayList<>();
        // Annotation-based argument resolution
        resolvers.add(new RequestParamMethodArgumentResolver
                                    (getBeanFactory(), false));
        resolvers.add(new RequestParamMapMethodArgumentResolver());
        resolvers.add(new PathVariableMethodArgumentResolver());
        resolvers.add(new PathVariableMapMethodArgumentResolver());
```

```
            resolvers.add(new MatrixVariableMethodArgumentResolver());
            resolvers.add(new MatrixVariableMapMethodArgumentResolver());
            resolvers.add(new ServletModelAttributeMethodProcessor(false));
            resolvers.add(new RequestResponseBodyMethodProcessor
                 (getMessageConverters(), this.requestResponseBodyAdvice));
            resolvers.add(new RequestPartMethodArgumentResolver
                 (getMessageConverters(), this.requestResponseBodyAdvice));
            resolvers.add(new RequestHeaderMethodArgumentResolver
                 (getBeanFactory()));
            resolvers.add(new RequestHeaderMapMethodArgumentResolver());
            resolvers.add(new ServletCookieValueMethodArgumentResolver
                 (getBeanFactory()));
            resolvers.add(new ExpressionValueMethodArgumentResolver
                 (getBeanFactory()));
            resolvers.add(new SessionAttributeMethodArgumentResolver());
            resolvers.add(new RequestAttributeMethodArgumentResolver());

            // Type-based argument resolution
            resolvers.add(new ServletRequestMethodArgumentResolver());
            resolvers.add(new ServletResponseMethodArgumentResolver());
            resolvers.add(new HttpEntityMethodProcessor
                 (getMessageConverters(), this.requestResponseBodyAdvice));
            resolvers.add(new RedirectAttributesMethodArgumentResolver());
            resolvers.add(new ModelMethodProcessor());
            resolvers.add(new MapMethodProcessor());
            resolvers.add(new ErrorsMethodArgumentResolver());
            resolvers.add(new SessionStatusMethodArgumentResolver());
            resolvers.add(new UriComponentsBuilderMethodArgumentResolver());

            // Custom arguments
            if (getCustomArgumentResolvers() != null) {
                resolvers.addAll(getCustomArgumentResolvers());
            }

            // Catch-all
            resolvers.add(new RequestParamMethodArgumentResolver
                          (getBeanFactory(), true));
            resolvers.add(new ServletModelAttributeMethodProcessor(true));

            return resolvers;
        }
```

从上述代码可知，除了 Spring 提供的 RequestParamMethodArgumentResolver 、

PathVariableMethodArgumentResolver、SessionAttributeMethodArgumentResolver 等默认 resolver 之外，还可以自定义 resolver，通过注解来指定处理的参数类型，然后通过 getCustomArgumentResolvers 方法会注册到 revolver 列表。下面以 RequestParamMethodArgumentResolver 为例做简单的分析，具体类继承关系如图 10-6 所示。

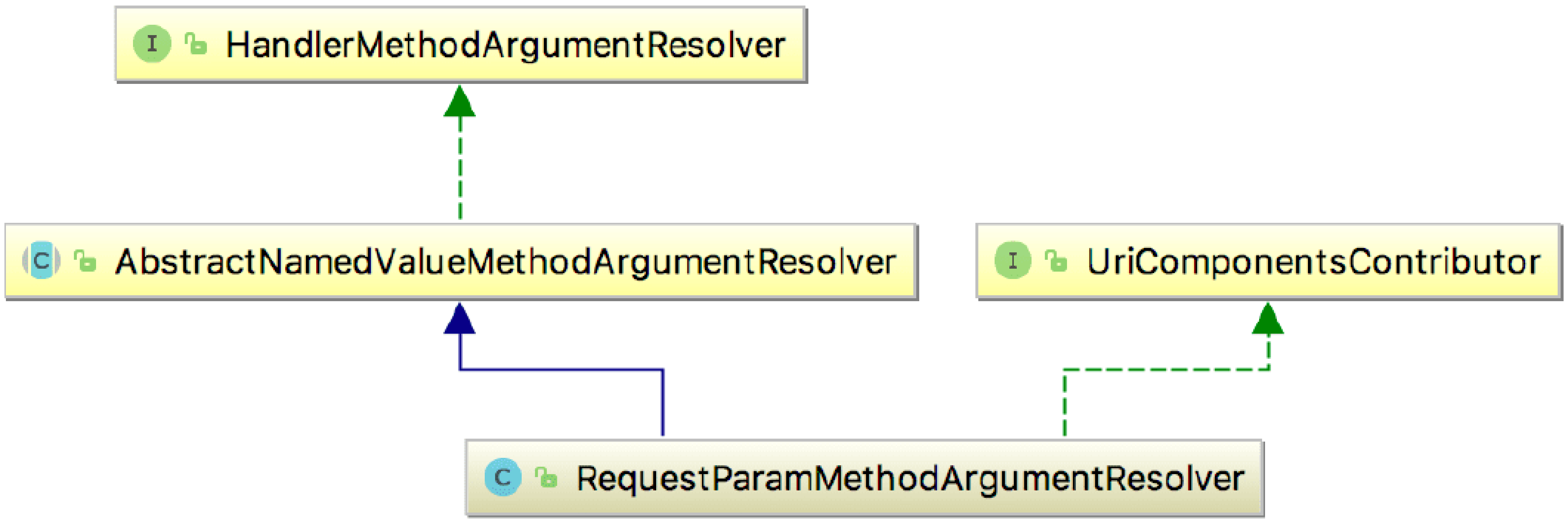


图 10-6　ServletInvocableHandlerMethod 类继承关系

RequestParamMethodArgumentResolver 父类是 AbstractNamedValueMethodArgumentResolver，其中最核心的方法是 resolveArgument：

```
public final Object resolveArgument(MethodParameter parameter,
ModelAndViewContainer mavContainer, NativeWebRequest webRequest,
WebDataBinderFactory binderFactory) throws Exception {
    AbstractNamedValueMethodArgumentResolver.NamedValueInfo
            namedValueInfo = this.getNamedValueInfo(parameter);
    MethodParameter nestedParameter = parameter.nestedIfOptional();
    //从 request 请求中解析参数的名称
    Object resolvedName = this.resolveStringValue(namedValueInfo.name);
    if (resolvedName == null) {
        throw new IllegalArgumentException("Specified name must not
                resolve to null: [" + namedValueInfo.name + "]");
    } else {
         //通过参数名称获取参数值
        Object arg = this.resolveName(resolvedName.toString(),
                     nestedParameter, webRequest);
    //判读参数值是否为空
    if (arg == null) {
         //判断默认值是否为空
         if (namedValueInfo.defaultValue != null) {
           //如果设置默认值 defaultValue，获取默认值
```

```
                arg = this.resolveStringValue(namedValueInfo.defaultValue);
            //判断是否是必填选项
            } else if (namedValueInfo.required && !nestedParameter.isOptional()){
                //如果是必填选项，调用 handleMissingValue，处理必填选项前端无传值情况
                this.handleMissingValue(namedValueInfo.name, nestedParameter,
                        webRequest);
            }
                arg = this.handleNullValue(namedValueInfo.name,
                        arg, nestedParameter.getNestedParameterType());
            //如果前端传值为" "且默认值不为空
    } else if ("".equals(arg) && namedValueInfo.defaultValue != null) {
                arg = this.resolveStringValue(namedValueInfo.defaultValue);
            }
            if (binderFactory != null) {
                WebDataBinder binder = binderFactory.createBinder(webRequest,
                                (Object)null, namedValueInfo.name);
                try {
                //重点：真正进行类型转换的逻辑
                arg = binder.convertIfNecessary(arg,
                                parameter.getParameterType(), parameter);
                } catch (ConversionNotSupportedException var11) {
                    //省略代码
                } catch (TypeMismatchException var12) {
                    //省略代码
                }
            }
            this.handleResolvedValue(arg, namedValueInfo.name, parameter,
                                    mavContainer, webRequest);
            return arg;
        }
    }
```

由上述代码可知，Spring MVC 框架将 ServletRequest 对象及处理方法的参数对象实例传递给 DataBinder，DataBinder 会调用装配在 Spring MVC 上下文的 ConversionService 组件进行数据类型转换、数据格式转换工作，并将 ServletRequest 中的消息填充到参数对象中。然后再调用 Validator 组件对绑定了请求消息数据的参数对象进行数据合法性校验，并最终生成数据绑定结果 BindingResult 对象。BindingResult 包含已完成数据绑定的参数对象，还包含相应的检验错误对象。

10.3　视图解析器

10.3.1　概述

视图解析器（ViewResolver）是 Spring MVC 处理流程中的最后一个环节，Spring MVC 流程最后返回给用户的视图为具体的 View 对象，View 对象包含 Model 对象，而 Model 对象存放后端需要反馈给前端的数据。视图解析器把一个逻辑上的视图名称解析为一个具体的 View 视图对象，最终的视图可以是 JSP、Excel、JFreeChart 等。

10.3.2　视图解析流程

SpringMVC 的视图解析流程为：

（1）SpringMVC 调用目标方法，将目标方法返回的 String、View、ModelMap 或 ModelAndView 都转换为一个 ModelAndView 对象。

（2）通过视图解析器 ViewResolver 将 ModelAndView 对象中的 View 对象进行解析，将逻辑视图 View 对象解析为一个物理视图 View 对象。

（3）调用物理视图 View 对象的 render()方法进行视图渲染，得到响应结果。

10.3.3　常用视图解析器

Spring MVC 提供很多视图解析器类，具体如图 10-7 所示。

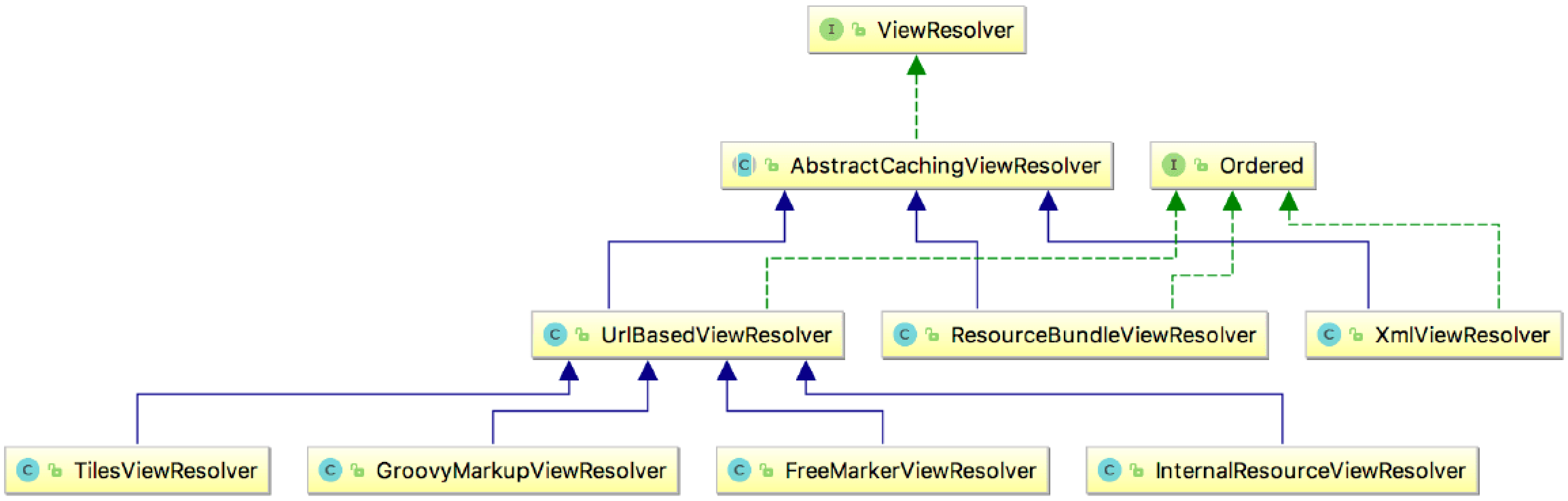


图 10-7　ViewResolver 类继承关系

下面介绍一些常用的视图解析器类。

1. ViewResolver

ViewResolver 是所有视图解析器的父类，具体源码如下：

```
public interface ViewResolver {
    @Nullable
    View resolveViewName(String viewName, Locale locale) throws Exception;
}
```

ViewResolver 的主要作用是把一个逻辑上的视图名称解析为一个真正的视图，然后通过 View 对象进行渲染。

2. AbstractCachingViewResolver

抽象类，这种视图解析器会把解析过的视图保存起来，然后在每次解析视图时先从缓存里面查找，如果找到了对应的视图就直接返回，如果没有找到就创建一个新的视图对象，然后把它存放到用于缓存的 Map 中，接着再把新建的视图返回。使用这种视图缓存的方式可以把解析视图的性能问题降到最低。

3. UrlBasedViewResolver

该类继承了 AbstractCachingViewResolver，主要是提供一种拼接 URL 的方式来解析视图，它可以让我们通过 prefix 属性指定的前缀，通过 suffix 属性指定后缀，然后把返回的逻辑视图名称加上指定的前缀和后缀就是指定的视图 URL 了。如 prefix=/WEB-INF/jsps/，suffix=.jsp，返回的视图名称 viewName=test/indx，则 UrlBasedViewResolver 解析出来的视图 URL 就是 /WEB-INF/jsps/test/ index.jsp，默认的 prefix 和 suffix 都是空串。

URLBasedViewResolver 支持返回的视图名称中包含 redirect:前缀，这样就可以支持 URL 在客户端的跳转，如当返回的视图名称是“redirect:test.do”的时候，URLBasedViewResolver 发现返回的视图名称包含“redirect:”前缀，于是把返回的视图名称前缀“redirect:”去掉，取后面的 test.do 组成一个 RedirectView，RedirectView 中将把请求返回的模型属性组合成查询参数的形式组合到 redirect 的 URL 后面，然后调用 HttpServletResponse 对象的 sendRedirect 方法进行重定向。同样 URLBasedViewResolver 还支持 forword:前缀，对于视图名称中包含 forword:前缀的视图名称将会被封装成一个 InternalResourceView 对象，然后在服务器端利用 RequestDispatcher 的 forword 方式跳转到指定的地址。使用 UrlBasedViewResolver 的时候必须指定属性 viewClass，表示解析成哪种视图，一般使用较多的就是 InternalResourceView，利用它来展现 JSP，但是当使用 JSTL 的时候必须使用 JstlView。具体实例如下所示：

```
<bean
   class="org.springframework.web.servlet.view.UrlBasedViewResolver">
```

```
    <property name="prefix" value="/WEB-INF/" />
    <property name="suffix" value=".jsp" />
    <property name="viewClass"
value="org.springframework.web.servlet.view.InternalResourceView"/>
</bean>
```

上述代码中，当返回的逻辑视图名称为test时，UrlBasedViewResolver将逻辑视图名称加上定义好的前缀和后缀，即“/WEB-INF/test.jsp”，然后新建一个 viewClass 属性指定的视图类型予以返回，即返回一个 URL 为“/WEB-INF/test.jsp”的 InternalResourceView 对象。

4. InternalResourceViewResolver

该类是 URLBasedViewResolver 的子类，所以 URLBasedViewResolver 支持的特性它都支持。InternalResourceViewResolver 是使用最广泛的一个视图解析器。可以把 InternalResourceViewResolver 解释为内部资源视图解析器，InternalResourceViewResolver 会把返回的视图名称都解析为 InternalResourceView 对象，InternalResourceView 会把 Controller 处理器方法返回的模型属性都存放到对应的 request 属性中，然后通过 RequestDispatcher 在服务器端把请求 forword 重定向到目标 URL。比如在 InternalResourceViewResolver 中定义了 prefix=/WEB-INF/，suffix=.jsp，然后请求的 Controller 处理器方法返回的视图名称为 test，那么这个时候 InternalResourceViewResolver 就会把 test 解析为一个 InternalResourceView 对象，先把返回的模型属性都存放到对应的 HttpServletRequest 属性中，然后利用 RequestDispatcher 在服务器端把请求 forword 到/WEB-INF/test.jsp。这就是 InternalResourceViewResolver 一个非常重要的特性。

我们知道，存放在/WEB-INF/下面的内容是不能直接通过 request 请求的方式请求到的，为了安全性考虑，通常会把 JSP 文件放在 WEB-INF 目录下，而 InternalResourceView 在服务器端跳转的方式可以很好地解决这个问题。

```
<bean class="org.springframework.web.serolet.view.
                                        InternalResourceViewResolver">
    <property name="prefix" value="/WEB-INF/"/>
    <property name="suffix" value=".jsp"></property>
</bean>
```

上述代码是一个 InternalResourceViewResolver 的定义，根据该定义当返回的逻辑视图名称是 test 的时候，InternalResourceViewResolver 会给它加上定义好的前缀和后缀，组成“/WEB-INF/test.jsp”的形式，然后把它当做一个 InternalResourceView 的 URL 新建一个 InternalResourceView 对象返回。

5. XmlViewResolver

它继承自 AbstractCachingViewResolver 抽象类，所以它也是支持视图缓存的。XmlViewResolver 需要给定一个 XML 配置文件，该文件将使用和 Spring 的 bean 工厂配置文件一样的 DTD 定义，所以其实该文件就是用来定义视图的 bean 对象的。在该文件中定义的每一个视图的 bean 对象都给定一个名字，然后 XmlViewResolver 将根据 Controller 处理器方法返回的逻辑视图名称到 XmlViewResolver 指定的配置文件中寻找对应名称的视图 bean 用于处理视图。该配置文件默认是/WEB-INF/views.xml 文件，如果不使用默认值的时候可以在 XmlViewResolver 的 location 属性中指定它的位置。XmlViewResolver 还实现了 Ordered 接口，因此可以通过其 order 属性来指定在 ViewResolver 链中它所处的位置，order 的值越小优先级越高。以下是使用 XmlViewResolver 的一个示例：

```
<bean class="org.springframework.web.servlet.view.XmlViewResolver">
    <property name="location" value="/WEB-INF/views.xml"/>
    <property name="order" value="1"/>
</bean>
```

在 Spring MVC 的配置文件中加入 XmlViewResolver 的 bean 定义。使用 location 属性指定其配置文件所在的位置，order 属性指定当有多个 ViewResolver 的时候其处理视图的优先级。

在 XmlViewResolver 对应的配置文件中配置好所需要的视图定义，视图配置文件 views.xml 具体的配置如下所示：

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
    <beans xmlns="http://www.springframework.org/schema/beans"
    xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
    xsi:schemaLocation="http://www.springframework.org/schema/beans
    http://www.springframework.org/schema/beans/spring-beans-3.0.xsd">
    <bean id="index"
        class="org.springframework.web.servlet.view.InternalResourceView">
        <property name="url" value="/index.jsp"/>
    </bean>
</beans>
```

最后，定义一个返回的逻辑视图名称为在 XmlViewResolver 配置文件中定义的视图名称 index：

```
@RequestMapping("/index")
public String index() {
    return "index";
}
```

当访问上面定义好的 index 方法的时候返回的逻辑视图名称为“index”，这时候 Spring MVC 会从 views.xml 配置文件中寻找 id 或者 name 为“index”的 bean 对象予以返回，这里 Spring 找到的是一个 URL 为“/index.jsp”的 InternalResourceView 对象，然后进行视图解析，将最终的视图页面显示给用户。

6. BeanNameViewResolver

这个视图解析器跟 XmlViewResolver 有点类似，也是通过把返回的逻辑视图名称匹配定义好的视图 bean 对象。主要的区别有两点：

（1）BeanNameViewResolver 要求视图 bean 对象都定义在 Spring 的 application context 中，而 XmlViewResolver 是在指定的配置文件中寻找视图 bean 对象。

（2）BeanNameViewResolver 不会进行视图缓存。

下面来看一个具体的实例：

```
    <bean class="org.springframework.web.servlet.view.BeanNameViewResolver">
        <property name="order" value="1"/>
    </bean>
    <bean id="test" class="org.springframework.web.servlet.view.
InternalResourceView">
        <property name="url" value="/index.jsp"/>
    </bean>
```

上述代码中，在 Spring MVC 的配置文件中定义了一个 BeanNameViewResolver 视图解析器和一个 id 为 test 的 InternalResourceview bean 对象。这样当返回的逻辑视图名称为 test 时，就会解析为上面定义好的 id 为 test 的 InternalResourceView 对象，然后跳转到 index.jsp 页面。

7. ResourceBundleViewResolver

该类也是继承自 AbstractCachingViewResolver 类，但是它缓存的不是视图。和 XmlViewResolver 一样，它也需要有一个配置文件来定义逻辑视图名称和真正的 View 对象的对应关系，不同的是 ResourceBundleViewResolver 的配置文件是一个属性文件，而且必须是放在 classpath 路径下面的，默认情况下这个配置文件是在 classpath 根目录下的 views.properties 文件，如果不使用默认值，则可以通过属性 baseName 或 baseNames 来指定。baseName 只是指定一个基名称，Spring 会在指定的 classpath 根目录下寻找已指定的 baseName 开始的属性文件进行 View 解析，如指定的 baseName 是 base，那么 base.properties、baseabc.properties 等以 base 开始的属性文件都会被 Spring 当做 ResourceBundleViewResolver 解析视图的资源文件。ResourceBundleViewResolver 使用的属性配置文件的内容类似于这样：

```
    resourceBundle.(class)=org.springframework.web.servlet.view.InternalReso
urceView
    resourceBundle.url=/index.jsp
    test.(class)=org.springframework.web.servlet.view.InternalResourceView
    test.url=/test.jsp
```

在这个配置文件中定义了两个 InternalResourceView 对象，一个名称是 resourceBundle，对应的 URL 是/index.jsp，另一个名称是 test，对应的 URL 是/test.jsp。从这个定义可以知道，resourceBundle 是对应的视图名称，使用 resourceBundle.(class)来指定它对应的视图类型，resourceBundle.url 指定这个视图的 URL 属性。

读者可以看到，resourceBundle 的 class 属性要用小括号包起来，而它的 URL 属性为什么不需要呢？这就需要从 ResourceBundleViewResolver 进行视图解析的方法来说明。ResourceBundleViewResolver 还是通过 bean 工厂来获得对应视图名称的视图 bean 对象来解析视图的，那么这些 bean 从哪里来呢？就是从我们定义的 properties 属性文件中来。在 ResourceBundleViewResolver 第一次进行视图解析的时候会先 new 一个 BeanFactory 对象，然后把 properties 文件中定义好的属性按照它自身的规则生成一个个的 bean 对象注册到该 BeanFactory 中，之后会把该 BeanFactory 对象保存起来，所以 ResourceBundleViewResolver 缓存的是 BeanFactory，而不是直接缓存从 BeanFactory 中取出的视图 bean。然后会从 bean 工厂中取出名称为逻辑视图名称的视图 bean 进行返回。

接下来介绍 Spring 通过 properties 文件生成 bean 的规则。它会把 properties 文件中定义的属性名称按最后一个点“.”进行分割，把点前面的内容当做是 bean 名称，点后面的内容当做是 bean 的属性。这其中有几个特别的属性，Spring 把它们用小括号包起来了，这些特殊的属性一般是对应的 attribute，但不是 bean 对象所有的 attribute 都可以这样用。其中（class）是一个，除了（class）之外，还有（scope）、（parent）、（abstract）、（lazy-init）。而除了这些特殊的属性之外的其他属性，Spring 会把它们当做 bean 对象的一般属性进行处理，就是 bean 对象对应的 property。所以根据上面的属性配置文件将生成如下两个 bean 对象：

```
    <bean id="resourceBundle"
    class="org.springframework.web.servlet.view.InternalResourceView">
        <property name="url" value="/index.jsp"/>
    </bean>
    <bean id="test"
    class="org.springframework.web.servlet.view.InternalResourceView">
        <property name="url" value="/test.jsp"/>
    </bean>
```

8. FreeMarkerViewResolver

FreeMarkerViewResolver 是 UrlBasedViewResolver 的一个子类，它会把 Controller 处理方法返回的逻辑视图解析为 FreeMarkerView。FreeMarkerViewResolver 会按照 UrlBasedViewResolver 拼接 URL 的方式进行视图路径的解析，但是使用 FreeMarkerViewResolver 的时候不需要指定其 viewClass，因为 FreeMarkerViewResolver 中已经把 viewClass 定死为 FreeMarkerView 了。我们先在 Spring MVC 的配置文件里面定义一个 FreeMarkerViewResolver 视图解析器，并定义其解析视图的 order 顺序为 1，代码示例如下：

```
    <bean
    class="org.springframework.web.servlet.view.freemarker.FreeMarkerViewRes
olver">
        <property name="prefix" value="fm_"/>
        <property name="suffix" value=".ftl"/>
        <property name="order" value="1"/>
    </bean>
```

当请求的处理器方法返回一个逻辑视图名称 viewName 的时候，就会被该视图处理器加上前后缀解析为一个 URL 为“fm_viewName.ftl”的 FreeMarkerView 对象。对于 FreeMarkerView 需要给定一个 FreeMarkerConfig 的 bean 对象来定义 FreeMarker 的配置信息。FreeMarkerConfig 是一个接口，Spring 已经为我们提供了一个实现，它就是 FreeMarkerConfigurer。可以通过在 Spring MVC 的配置文件里定义该 bean 对象来定义 FreeMarker 的配置信息，该配置信息将会在 FreeMarkerView 进行渲染的时候使用到。对于 FreeMarkerConfigurer 而言，最简单的就是配置一个 templateLoaderPath，告诉 Spring 应该到哪里寻找 FreeMarker 的模板文件。这个 templateLoaderPath 也支持使用“classpath:”和“file:”前缀。当 FreeMarker 的模板文件放在多个不同的路径下面的时候，可以使用 templateLoaderPaths 属性来指定多个路径。在这里指定模板文件放在“/WEB-INF/freemarker/template”下面，示例代码如下：

```
    <bean
    class="org.springframework.web.servlet.view.freemarker.
                                               FreeMarkerConfigurer">
        <property name="templateLoaderPath" value="/WEB-INF/freemarker/
                                               template"/>
    </bean>
```

10.3.4 ViewResolver 链

在 Spring MVC 中可以同时定义多个 ViewResolver 视图解析器，然后它们会组成一个 ViewResolver 链。当 Controller 处理器方法返回一个逻辑视图名称后，ViewResolver 链将根据其

中 ViewResolver 的优先级来进行处理。所有的 ViewResolver 都实现了 Ordered 接口，在 Spring 中实现了这个接口的类都是可以排序的。ViewResolver 是通过 order 属性来指定顺序的，默认都是最大值。所以可以通过指定 ViewResolver 的 order 属性来实现 ViewResolver 的优先级，order 属性是 Integer 类型，order 越小优先级越高，所以第一个进行解析的将是 ViewResolver 链中 order 值最小的那个。

如果 ViewResolver 进行视图解析后返回的 View 对象为 null，则表示 ViewResolver 不能解析该视图，这个时候如果还存在其他 order 值比它大的 ViewResolver，就会调用剩余的 ViewResolver 中 order 值最小的那个来解析该视图，依此类推。当 ViewResolver 在进行视图解析后返回的是一个非空的 View 对象的时候，则表示该 ViewResolver 能够解析该视图，那么视图解析就完成了，后续的 ViewResolver 将不会再用来解析该视图。当定义的所有 ViewResolver 都不能解析该视图的时候，Spring 就会抛出一个异常。

基于 Spring 支持的这种 ViewResolver 链模式，就可以在 Spring MVC 应用中同时定义多个 ViewResolver，给定不同的 order 值，这样就可以对特定的视图进行处理，以此来支持同一应用中有多种视图类型。

注意：像 InternalResourceViewResolver 这种能解析所有的视图，即永远能返回一个非空 View 对象的 ViewResolver，一定要把它放在 ViewResolver 链的最后面。

第 11 章 MyBatis 原理剖析

本章主要介绍 MyBatis 的整体框架、MyBatis 的初始化流程和原理以及 MyBatis 的执行流程和原理等。

11.1 MyBatis 整体框架

11.1.1 概述

Mybatis 整体架构分为三层，分别是基础支持层、核心处理层和接口层，具体如图 11-1 所示。

11.1.2 接口层

接口层是上层运用与 MyBatis 交互的桥梁，其核心是 SqlSession 接口。SqlSession 接口暴露了一系列的增删改查等 API 给应用程序。接口层在接收到调用请求时，会调用核心处理层的相应模块完成具体的数据库操作。MySQL 提供了两个 SqlSession 接口的实现，具体如图 11-2 所示。

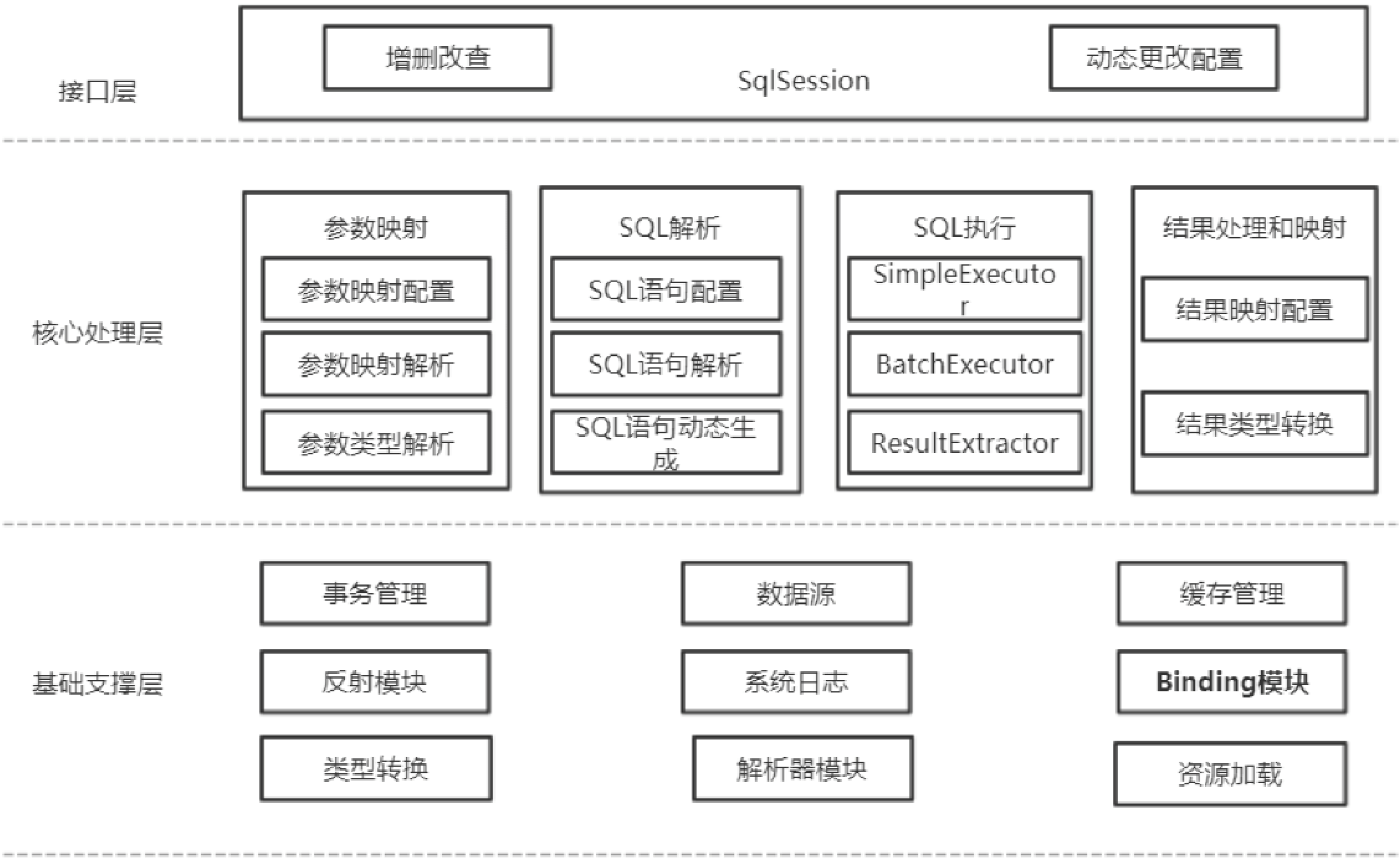


图 11-1　MyBatis 的整体架构

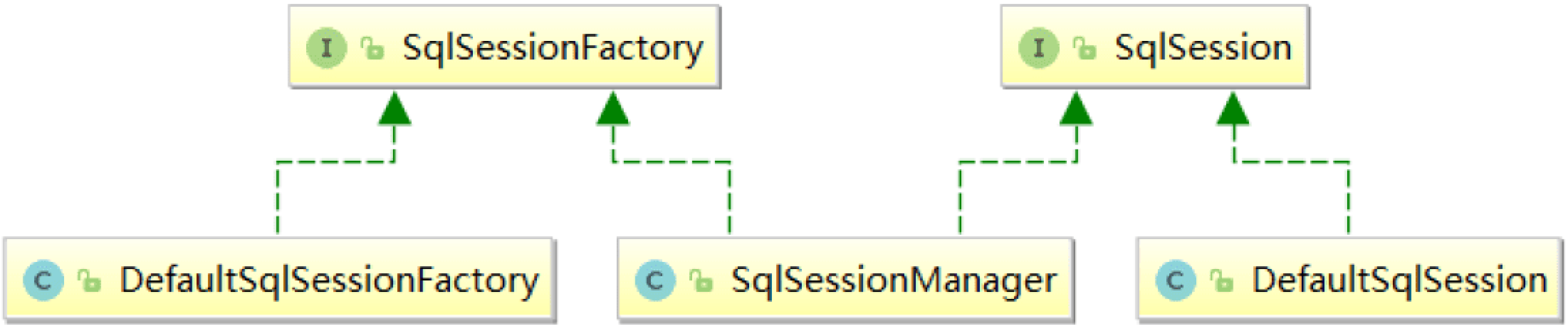


图 11-2　SqlSession 接口实现

由图 11-2 可知，SqlSession 接口实现使用了工厂方法模式，SqlSessionFactory 负责创建 SqlSession 对象，其包含多个 openSession()方法的重载，可以通过参数指定事务的隔离级别 TransactionIsolationLevel、底层使用 Excutor 的类型以及是否自动提交事务等方面的配置。SqlSessionFactory 具体源码如下：

```
public interface SqlSessionFactory {

  SqlSession openSession();

  SqlSession openSession(boolean autoCommit);
  SqlSession openSession(Connection connection);
```

```
    SqlSession openSession(TransactionIsolationLevel level);

    SqlSession openSession(ExecutorType execType);
    SqlSession openSession(ExecutorType execType, boolean autoCommit);
    SqlSession openSession(ExecutorType execType,
                                              TransactionIsolationLevel level);
    SqlSession openSession(ExecutorType execType, Connection connection);

    Configuration getConfiguration();

  }
```

SqlSession 接口提供了常用的增删改查的数据库操作以及事务的相关操作。同时，每种类型的操作都提供了多种重载。SqlSessionFactory 具体源码如下：

```
  public interface SqlSession extends Closeable {
    //查询方法：使用 SQL 语句查询，返回值为查询的结果对象
    <T> T selectOne(String statement);
    //查询方法：使用 SQL 语句查询，第二个参数表示用户传入的参数，也就是 SQL 语句绑定的实参
    <T> T selectOne(String statement, Object parameter);
    //查询方法：用来查询多条记录，查询结果封装成结果对象列表返回
    <E> List<E> selectList(String statement);
    <E> List<E> selectList(String statement, Object parameter);
    //带分页的查询方法：第三个参数用来限制解析结果集的范围
    <E> List<E> selectList(String statement, Object parameter,
                                                 RowBounds rowBounds);
    //查询方法：查询结果会被映射成 Map 对象返回。其中，第二个参数指定了结果集哪一列作为
      Map 的 key
    <K, V> Map<K, V> selectMap(String statement, String mapKey);
    <K, V> Map<K, V> selectMap(String statement, Object parameter,
                                                 String mapKey);
    //返回值为游标对象，参数含义与 selectList()方法相同
    <T> Cursor<T> selectCursor(String statement);
    <T> Cursor<T> selectCursor(String statement, Object parameter);
    <T> Cursor<T> selectCursor(String statement, Object parameter,
                                                 RowBounds rowBounds);
    //查询的结果对象将由 ResultHandler 对象处理，其余参数与 selectList()方法相同
    void select(String statement, Object parameter, ResultHandler handler);
    void select(String statement, ResultHandler handler);
    void select(String statement, Object parameter, RowBounds rowBounds,
                                             ResultHandler handler);
    //执行插入语句
```

```
    int insert(String statement);
    int insert(String statement, Object parameter);
    //执行更新语句
    int update(String statement);
    int update(String statement, Object parameter);
    //执行删除语句
    int delete(String statement);
    int delete(String statement, Object parameter);
    //提交事务
    void commit();
    void commit(boolean force);
    //回滚事务
    void rollback();
    void rollback(boolean force);
    //将请求刷新到缓存
    List<BatchResult> flushStatements();
    //关闭 session
    void close();
    //清空缓存
    void clearCache();
    //获取 Configuration 对象
    Configuration getConfiguration();
    //获取 type 对应的 Mapper 对象
    <T> T getMapper(Class<T> type);
     //获取 Sqlsession 对应的数据库连接
    Connection getConnection();
  }
```

11.1.3 核心处理层

MyBatis 核心处理层完成 MyBatis 核心处理流程，包括 MyBatis 的初始化及完成一次数据库操作所涉及的全部流程。具体说明如下。

1. 参数映射

MyBatis 在初始化过程中，会加载配置文件 mybatis-config.xml、映射配置文件以及 Mapper 接口中的注解信息，解析配置文件后会生成相关的对象保存到 Configuration 对象中。例如以下代码中的<resultMap>节点会被解析成 ResultMap 对象，<result>节点会被解析成 ResultMapping 对象。利用 Configuration 对象可以创建 SqlSessionFactory 对象，并通过 SqlSessionFactory 工程对象创建 SqlSession 对象完成数据库操作。

```
        <resultMap id="userMap" type="com.ay.model.AyUser">
            <id property="id" column="id"/>
            <result property="name" column="name"/>
        </resultMap>
```

2. SQL解析

MyBatis 实现动态 SQL 语句的功能，提供了多种动态 SQL 语句对应的节点，比如<where>节点、<if>节点、<foreach>节点等。通过这些节点的组合使用，开发人员可以写出满足所有需求的动态 SQL 语句。MyBatis 会根据用户传入的实参，解析映射文件中定义的动态 SQL 节点，生成可执行的 SQL 语句。之后会处理 SQL 语句中的占位符，绑定用户传入的实参。

3. SQL执行与结果处理和映射

SQL 语句执行涉及 Executor、StatementHandler、PreparedHandler 和 ResultSetHandler。其中 Executor 主要负责维护一级缓存和二级缓存，并提供事务管理的相关操作，它会将数据库相关操作委托给 StatementHandler 完成。StatementHandler 首先通过 PreparedHandler 完成 SQL 语句的实参绑定，然后通过 Statement 对象执行 SQL 语句并得到结果集，最后通过 ResultSetHandler 完成结果集的映射，得到结果对象并返回。

11.1.4　基础支撑层

包括以下几方面的任务：

1. 事务管理

项目开发过程中，一般很少直接使用 MyBatis 事务管理，而是 MyBatis 和 Spring 框架集成时，使用 Spring 框架管理事务。MyBatis 框架又对数据库中的事务进行了抽象，其自身提供了相应的事务接口和简单实现。

2. 数据源

顾名思义，数据的来源，是提供某种所需要数据的器件或原始媒体。在数据源中存储了所有建立数据库连接的信息。就像通过指定文件名称可以在文件系统中找到文件一样，通过提供正确的数据源名称，你可以找到相应的数据库连接。MyBatis 提供了相应的数据源实现，当然 MyBatis 也提供了与第三方数据源集成的接口，这些功能都位于数据源模块中。

3. 缓存管理

MyBatis 中提供了一级缓存和二级缓存。需要注意的是，MyBatis 中自带的这两级缓存与 MyBatis 以及整个应用是运行在同一个 JVM 中的，共享同一块堆内存。如果这两级缓存中的数据量较大，则可能影响系统中其他功能的运行，所以当需要缓存大量数据时，建议优先考虑使用 Redis、Memcache 等缓存产品。

```
                moodDTO.setContent(mood.getContent());
                //通过 userID 查询用户
                User user =  userService.find(mood.getUserId());
                //用户名
                moodDTO.setUserName(user.getName());
                //账户
                moodDTO.setUserAccount(user.getAccount());
                moodDTOList.add(moodDTO);
            }
            return moodDTOList;
        }
    }
```

MoodServiveImpl 类主要实现 MoodServive 接口中的 praiseMoodForRedis() 和 findAllForRedis()方法。在 praiseMoodForRedis()方法中，处理逻辑比较简单：

（1）保存 mood_id 到 Set 集合中。

（2）保存 mood_id 和点赞的 user_id 到 Set 集合中。

注意，这里的 Set 集合不是同一个，而是分开存储的。有多少条说说被点赞，在 Redis 缓存中就存在多少个 Set 集合，每条说说的点赞记录分别用一个 Set 集合存储，这样可以保证每个 Set 集合所占空间不会过大，同时在查询和统计的时候，处理速度也会比较快。

在 src\main\java\com\ay\controller\MoodController.java 文件中添加如下代码：

```
/**
 * 描述：说说控制层
 * @author Ay
 * @date 2018/1/6.
 */
@Controller
@RequestMapping("/mood")
public class MoodController {

    @Resource
    private MoodService moodService;

        //省略代码

    @GetMapping(value = "/{moodId}/praiseForRedis")
    public String praiseForRedis(Model model, @PathVariable
                             (value="moodId")String moodId,
```

```
                                  @RequestParam(value="userId")String userId){
        //方便使用，随机生成用户 id
        Random random = new Random();
        userId = random.nextInt(100) + "";

        boolean isPraise = moodService.praiseMoodForRedis(userId, moodId);
        //查询所有的说说数据
        List<MoodDTO> moodDTOList = moodService.findAllForRedis();
        model.addAttribute("moods",moodDTOList);
        model.addAttribute("isPraise", isPraise);
        return "mood";
    }
}
```

MoodController 主要是控制层的代码，用来接收前端的点赞请求。如下代码主要是为了随机生成 user_id，然后给某一条说说点赞。纯粹是为了简化逻辑而开发的，在真实的项目中并不是这样的逻辑。

```
//方便使用，随机生成用户 id
Random random = new Random();
userId = random.nextInt(100) + "";
```

在 src\main\webapp\WEB-INF\views\mood.jsp 文件中添加如下代码：

```
<%@page language="java" contentType="text/html; charset=UTF-8"
        pageEncoding="UTF-8" isELIgnored="false"%>
<%@ taglib uri="http://java.sun.com/jsp/jstl/core" prefix="c"%>
<%@ taglib prefix="fmt" uri="http://java.sun.com/jstl/fmt" %>
<!DOCTYPE HTML>
<html>
<head>
    <title>Getting Started: Serving Web Content</title>
    <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8" />
</head>
<body>

<div id="moods">
    <b>说说列表:</b><br>
    <c:forEach items="${moods}" var="mood">
        ------------------------------------
        <br>
        <b>用户：</b><span id="account">${mood.userName}</span><br>
```

```
            <b>说说内容：</b><span id="content">${mood.content}</span><br>
            <b>发表时间：</b>
            <span id="publish_time">
                   ${mood.publishTime}
            </span><br>
            <b>点赞数：</b><span id="praise_num">${mood.praiseNum}</span><br>
            <div style="margin-left: 350px">
                <%-- 传统点赞请求 -->
                <%--<a id="praise" href="/mood/${mood.id}/praise?userId=
                                                 ${mood.userId}">赞</a>--%>
               <%-- 引入 redis 缓存的点赞请求 -->
                <a id="praise" href="/mood/${mood.id}/praiseForRedis?userId=
                                                 ${mood.userId}">赞</a>
            </div>
        </c:forEach>
    </div>
    </body>
    <script></script>
    </html>
```

12.3.6　集成 Quartz 定时器

Quartz 是一个完全由 Java 编写的开源任务调度的框架，通过触发器设置作业定时运行规则，控制作业的运行时间。Quartz 定时器作用很多，比如，定时发送信息和定时生成报表等。

Quartz 框架主要核心组件包括调度器、触发器和作业。调度器作为作业的总指挥，触发器作为作业的操作者，作业为应用的功能模块。其关系如图 12-19 所示。

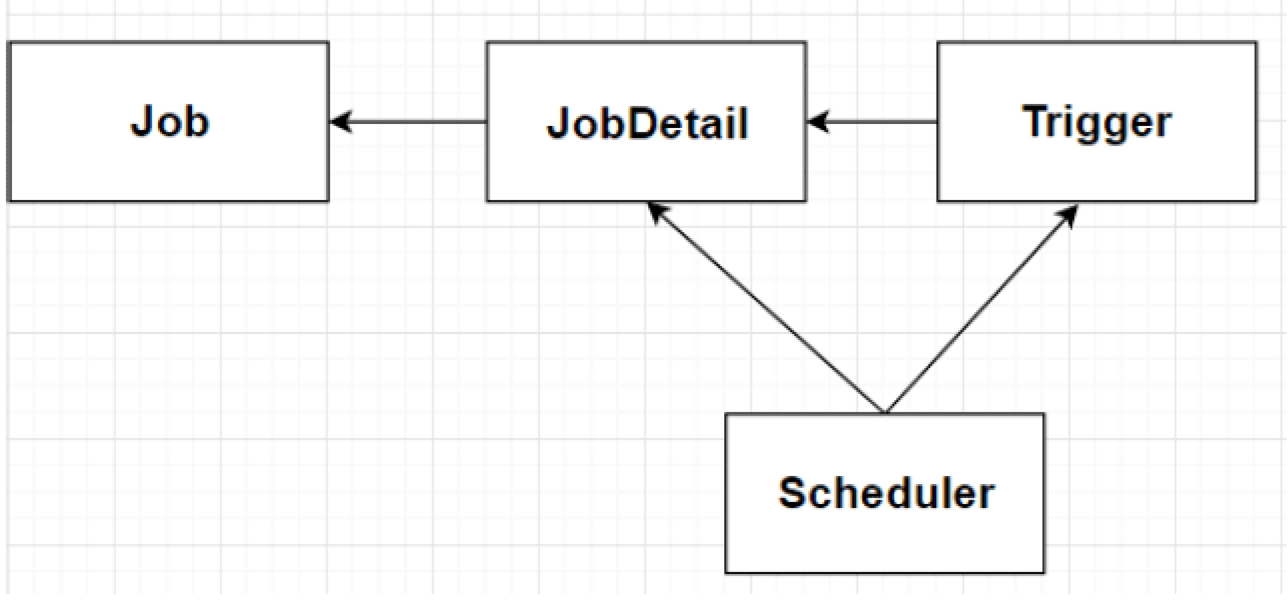


图 12-19　Quartz 各个组件的关系

Job 是一个接口，该接口只有一个方法 execute，被调度的作业(类)需实现该接口中 execute()方法，JobExecutionContext 类提供了调度上下文的各种信息。每次执行该 Job 均重新创建一个 Job 实例。Job 的源码如下：

```
public interface Job {
    void execute(JobExecutionContext var1) throws JobExecutionException;
}
```

Quartz 在每次执行 Job 时，都重新创建一个 Job 实例，所以它不直接接受一个 Job 的实例，相反它接收一个 Job 实现类，以便运行时通过 newInstance()的反射机制实例化 Job。因此需要通过一个类来描述 Job 的实现类及其他相关的静态信息，如 Job 名字、描述、关联监听器等信息，JobDetail 承担了这一角色。JobDetail 用来保存作业的详细信息。一个 JobDetail 可以有多个 Trigger，但是一个 Trigger 只能对应一个 JobDetail

Trigger 触发器描述触发 Job 的执行规则。主要有 SimpleTrigger 和 CronTrigger 这两个子类。当仅需触发一次或者以固定时间间隔周期执行时，SimpleTrigger 是最适合的选择；而 CronTrigger 则可以通过 Cron 表达式定义出各种复杂时间规则的调度方案：如每早晨 9:00 执行，周一、周三、周五下午 5:00 执行等。Cron 表达式定义如下：

```
CronTrigger 配置格式:
格式: [秒] [分] [小时] [日] [月] [周] [年]
0 0 12 * * ?                每天 12 点触发
0 15 10 ? * *               每天 10 点 15 分触发
0 15 10 * * ?               每天 10 点 15 分触发
0 15 10 * * ? *             每天 10 点 15 分触发
0 15 10 * * ? 2005          2005 年每天 10 点 15 分触发
0 * 14 * * ?                每天下午的 2 点到 2 点 59 分每分触发
0 0/5 14 * * ?              每天下午的 2 点到 2 点 59 分(整点开始，每隔 5 分触发)
0 0/5 14,18 * * ?           每天下午的 18 点到 18 点 59 分(整点开始，每隔 5 分触发)
0 0-5 14 * * ?              每天下午的 2 点到 2 点 05 分每分触发
0 10,44 14 ? 3 WED          3 月份每周三下午的 2 点 10 分和 2 点 44 分触发
0 15 10 ? * MON-FRI         从周一到周五每天上午的 10 点 15 分触发
0 15 10 15 * ?              每月 15 号上午 10 点 15 分触发
0 15 10 L * ?               每月最后一天的 10 点 15 分触发
0 15 10 ? * 6L              每月最后一周的星期五的 10 点 15 分触发
0 15 10 ? * 6L 2002-2005    从 2002 年到 2005 年每月最后一周的星期五的 10 点 15 分触发
0 15 10 ? * 6#3             每月的第三周的星期五开始触发
0 0 12 1/5 * ?              每月的第一个中午开始每隔 5 天触发一次
0 11 11 11 11 ?             每年的 11 月 11 号 11 点 11 分触发(光棍节)
```

Scheduler 负责管理 Quartz 的运行环境，Quartz 是基于多线程架构的，它启动的时候会初始化一套线程，这套线程会用来执行一些预置的作业。Trigger 和 JobDetail 可以注册到 Scheduler 中，Scheduler 可以将 Trigger 绑定到某一 JobDetail 中，这样当 Trigger 触发时，对应的 Job 就被执行。Scheduler 拥有一个 SchedulerContext，它类似于 ServletContext，保存着 Scheduler 上下文

信息，Job 和 Trigger 都可以访问 SchedulerContext 内的信息。Scheduler 使用一个线程池作为任务运行的基础设施，任务通过共享线程池中的线程提高运行效率。

了解完 Quartz 定时器的基本原理后，在 src\main\java\com\ay\job 目录下创建定时器类 PraiseDataSaveDBJob.java，具体代码如下：

```
/**
 * 描述：定时器
 * @author Ay
 * @date 2018/1/6.
 */
@Component
@Configurable
@EnableScheduling
public class PraiseDataSaveDBJob {
    @Resource
    private RedisTemplate redisTemplate;
    private static final String PRAISE_HASH_KEY =
                                "springmv.mybatis.boot.mood.id.list.key";
    @Resource
    private UserMoodPraiseRelService userMoodPraiseRelService;
    @Resource
    private MoodService moodService;

    //每 10 秒执行一次，真实项目当中，可以把定时器的执行计划时间设置长一点
    //比如说每天晚上凌晨 2 点跑一次
    @Scheduled(cron = "*/10 * *  * * * ")
    public void savePraiseDataToDB2(){

        //step1:在 redis 缓存中所有所有被点赞的说说 id
        Set<String> moods = redisTemplate.opsForSet().members
(PRAISE_HASH_KEY);
        if(CollectionUtils.isEmpty(moods)){
            return;
        }
        for(String moodId: moods){
            if(redisTemplate.opsForSet().members(moodId)  == null){
                continue;
            }else {
                //step2: 从 Redis 缓存中，通过说说 id 获取所有点赞的用户 id 列表
                Set<String> userIds = redisTemplate.opsForSet().members
                (moodId);
```

```
                if(CollectionUtils.isEmpty(userIds)){
                    continue;
                }else{
                     //step3: 循环保存 mood_id 和 user_id 的关联关系到 MySQL 数据库
                    for(String userId:userIds){
                        UserMoodPraiseRel userMoodPraiseRel =
                                                        new UserMoodPraiseRel();
                        userMoodPraiseRel.setMoodId(moodId);
                        userMoodPraiseRel.setUserId(userId);
                        //保存说说与用户的关联关系
                        userMoodPraiseRelService.save(userMoodPraiseRel);
                    }
                    Mood mood = moodService.findById(moodId);
                    //step4:更新说说点赞数量
                    //说说的总点赞数量 = Redis 点赞数量 + 数据库的点赞数量
                    mood.setPraiseNum(mood.getPraiseNum() +
                   redisTemplate.opsForSet().size(moodId).intValue());
                    moodService.update(mood);
                    //step5:清除 Redis 缓存中的数据
                    redisTemplate.delete(moodId);
                }
            }
        }
        //step6: 清除 Redis 缓存中的数据
        redisTemplate.delete(PRAISE_HASH_KEY);

    }
}
```

- @Configurable：加上此注解的类相当于XML配置文件，可以被Spring扫描初始化。
- @EnableScheduling：通过在配置类注解@EnableScheduling来开启对计划任务的支持，然后在要执行计划任务的方法上注解@Scheduled，声明这是一个计划任务。
- @Scheduled：注解为定时任务，cron表达式里写执行的时机。

使用 Quartz 定时器有两种方式：一是 XML 配置；二是注解方式。本书使用注解的方式开发代码。在定时器类 PraiseDataSaveDBJob 中，定义了 savePraiseDataToDB2()方法，该方法通过@Scheduled 注解定义了方法的执行计划：每 10 秒执行一次，当然这样的配置只是方便测试，在真实项目当中，可以把定时器的执行计划时间设置晚一点，比如每天晚上凌晨 2 点开始执行。savePraiseDataToDB2()方法的逻辑相对比较简单，具体说明如下：

（1）从 Redis 缓存中获取所有被点赞的 mood_id。

（2）通过 mood_id 从 Redis 缓存中获取所有点赞的 user_id 列表。

（3）循环保存 mood_id 和 user_id 的关联关系到 MySQL 数据库。

（4）更新说说的点赞数量。

（5）清除 Redis 缓存中的数据。

12.3.7　测试

所有的代码开发完成之后，重新启动项目 springmvc-mybatis-book，在浏览器中输入访问 URL：http://localhost:8080/mood/findAll，查询所有的说说列表，不断地单击第一条说说的赞功能，便可以看到第一条说说的点赞数量不断增加，同时查看 MySQL 数据库表 mood 和 user_mood_praise_rel，可以看到 mood 表的 praise_num 的点赞数量不断被更新，而 user_mood_praise_rel 表中 mood_id 和 user_id 的关联关系数据每隔 10s 也会被保存到表中。具体如图 12-20 和图 12-21 所示。

id	content	user_id	publish_time	praise_num
1	今天天气真好!	1	2018-06-30 22:09:06	126
2	厦门真美，么么哒!	2	2018-07-29 17:13:04	99

图 12-20　mood 表的 praise_num 的点赞数量不断被更新

id	user_id	mood_id
10	1	1
28	36	1
29	43	1
30	38	1
31	66	1
32	54	1
33	82	1
34	42	1
35	27	1

图 12-21　mood_id 和 user_id 的关联关系数据

12.4　集成 ActiveMQ

12.4.1　概述

前文，已经总结了传统的点赞功能实现所暴露的问题，主要有以下几点：

（1）高并发请求下，服务器频繁创建线程。

（2）高并发请求下，数据库连接池中的连接数有限。

（3）高并发请求下，点赞功能是同步处理等。

我们通过引入 Redis 缓存避免高并发写数据库而造成数据库压力，同时引入 Redis 缓存提高读的性能，基本可以解决问题（2），本节我们主要针对问题（3）提供解决方案，具体如图 12-22 所示。

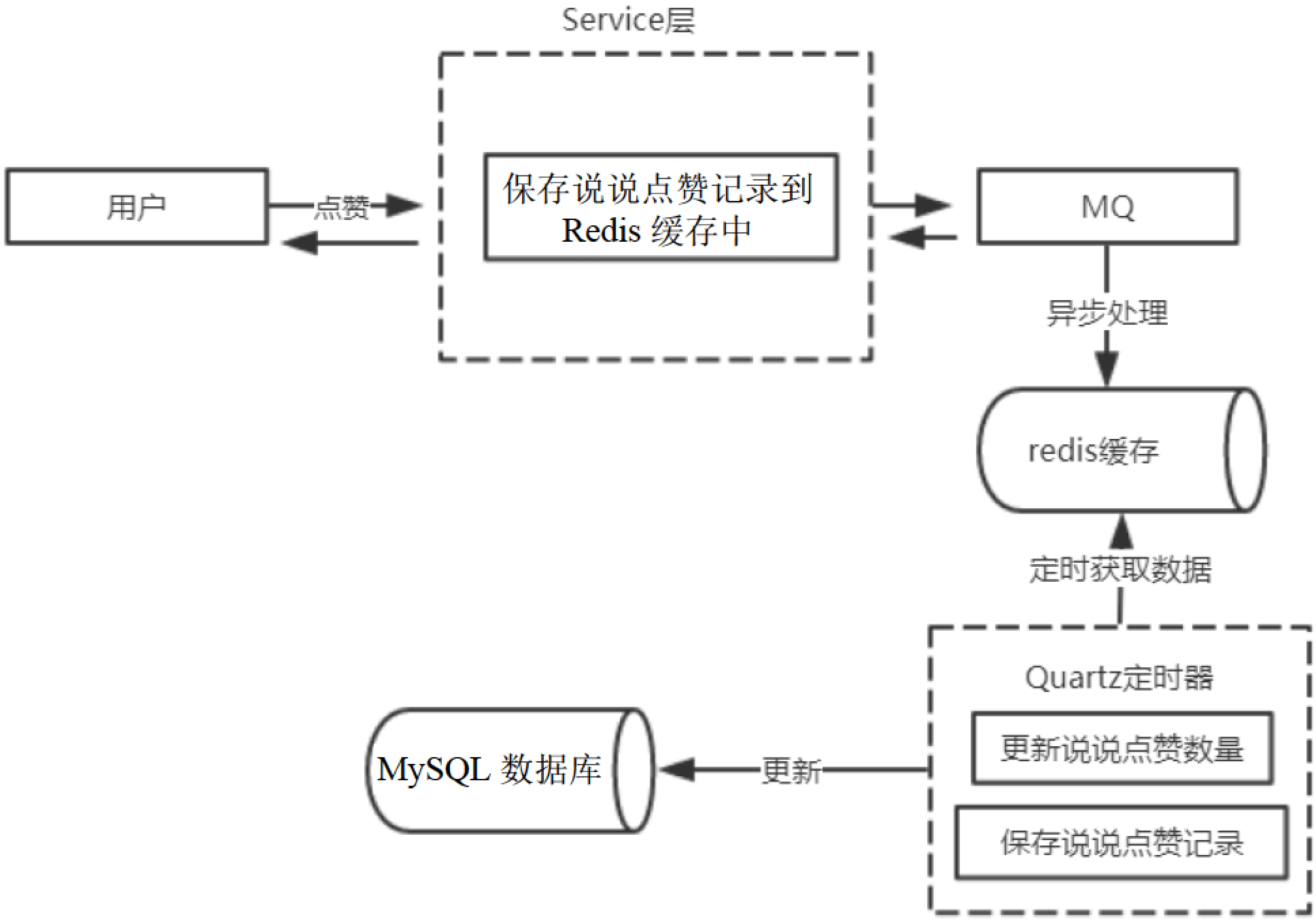


图 12-22　高并发点赞项目解决方案

为了解决高并发请求下，点赞功能同步处理所带来的服务器压力（Redis 缓存的压力或数据库压力等），我们引入 MQ 消息中间件进行异步处理，用户每次点赞都会推送消息到 MQ 服务器并及时返回，这样用户的点赞请求就及时结束，避免了点赞请求线程占用时间长的问题。与此同时，MQ 消息中间件接收到消息后，会按照“自己的方式”及时消费，还可以用 MQ 消息中间件来限制流量并进行异步处理等。

12.4.2　ActiveMQ 的安装

MQ 英文名是 MessageQueue，中文名是消息队列，是一个消息的接受和转发的容器，可用于消息推送。ActiveMQ 是 Apache 提供的一个开源的消息系统，完全采用 Java 来实现，因此，它能很好地支持 J2EE 提出的 JMS（Java Message Service，即 Java 消息服务）规范。

安装 ActiveMQ 之前，我们需要到官网（http://activemq.apache.org/activemq-5150-release.html）下载，本书使用 apache-activemq-5.15.0 这个版本进行讲解。ActiveMQ 具体安装步骤如下：

步骤 01 将官网下载的安装包 apache-activemq-5.15.0-bin.zip 解压。

步骤 02 打开解压的文件夹，进入 bin 目录，根据电脑操作系统是 32 位还是 64 位，选择进入【win32】文件夹或者【win64】文件夹。

步骤 03 双击【activemq.bat】，即可启动 ActiveMQ，如图 12-23 所示。当看到如图 12-24 所示的启动信息时，代表 ActiveMQ 安装成功。从图中可以看出，ActiveMQ 默认启动到 8161 端口。

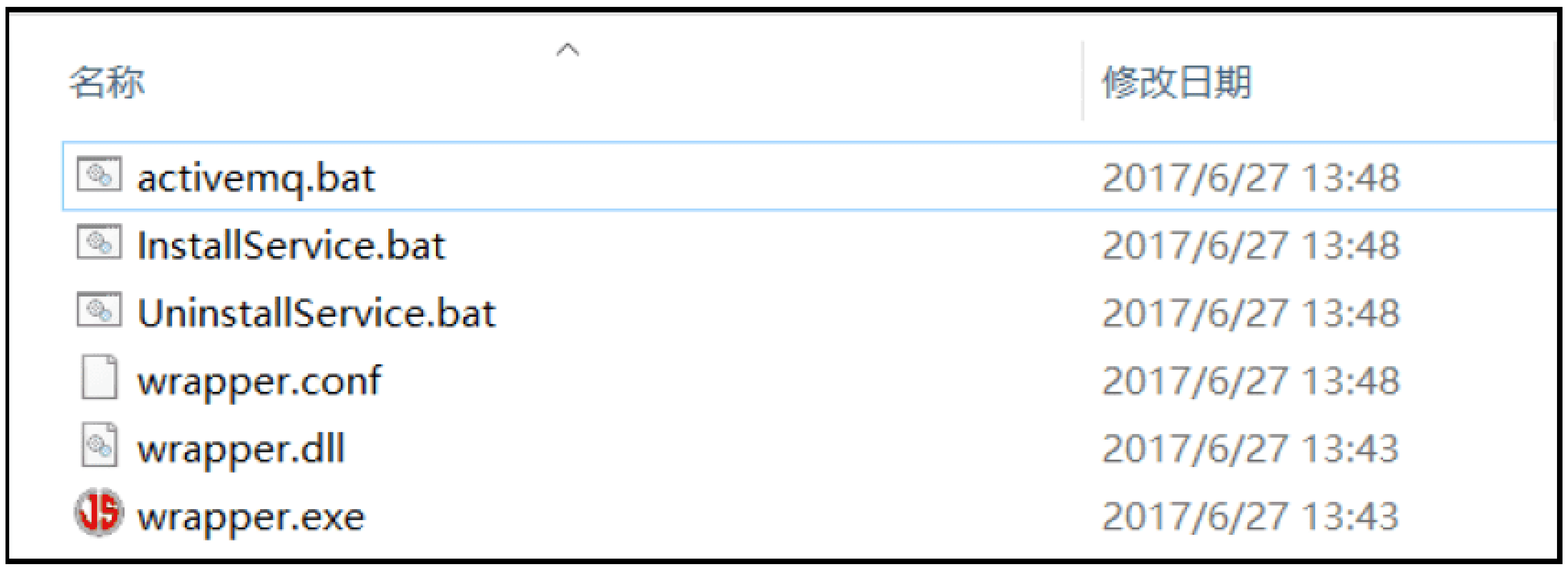


图 12-23　ActiveMQ 安装界面

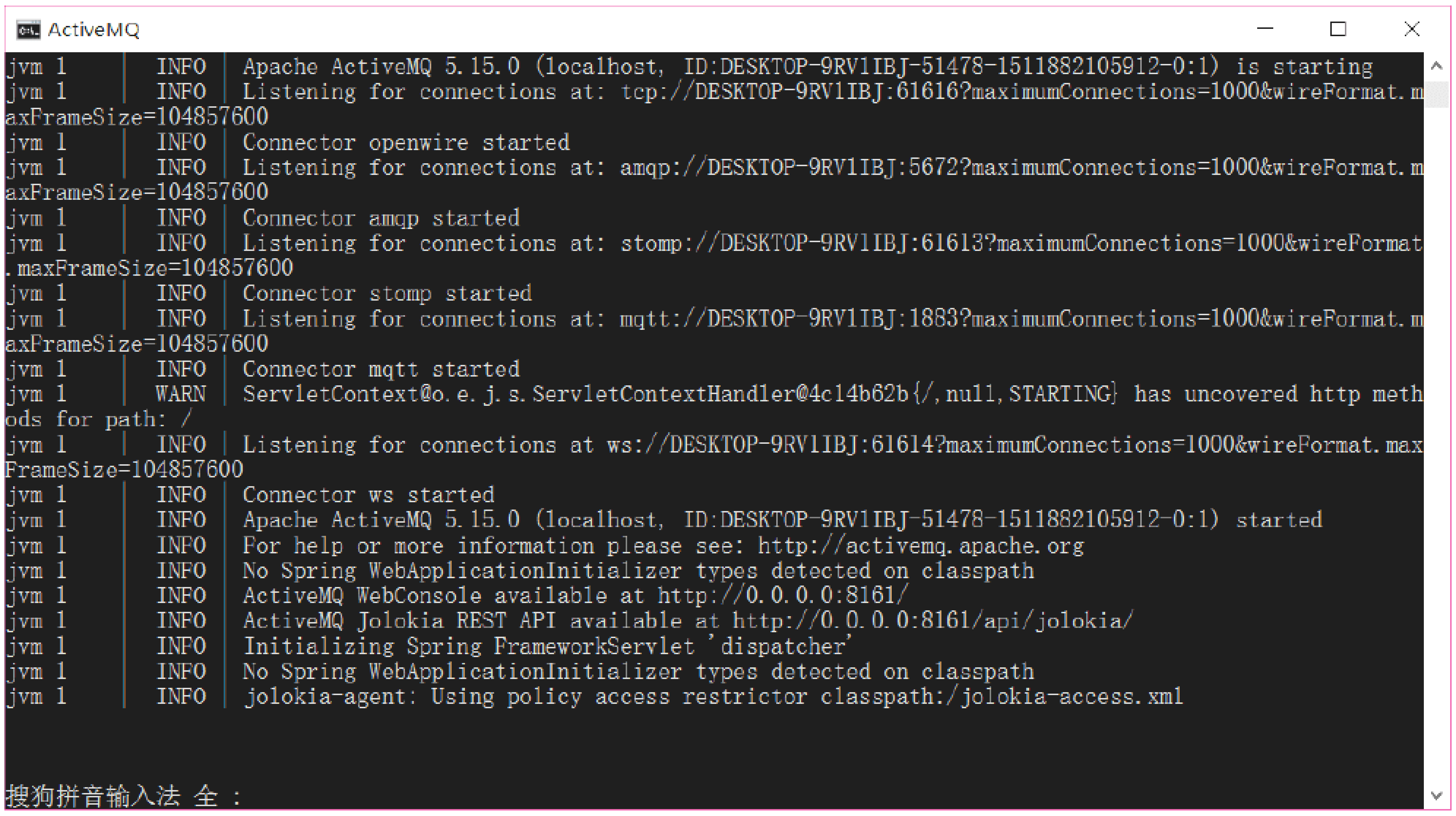


图 12-24　ActiveMQ 启动成功界面

步骤 04 安装成功之后，在浏览器中输入 http://localhost:8161/admin 链接访问，第一次访问需要输入用户名 admin 和密码 admin 进行登录，登录成功之后，就可以看到 ActiveMQ 的首页，具体如图 12-25 所示。

图 12-25　ActiveMQ 首页

12.4.3　集成 ActiveMQ

在 SSM 框架中集成 ActiveMQ 缓存，首先需要在 pom.xml 文件中引入所需的依赖，具体代码如下：

```
<!-- active mq start -->
<dependency>
     <groupId>org.springframework</groupId>
     <artifactId>spring-jms</artifactId>
     <version>${spring.version}</version>
</dependency>
<dependency>
     <groupId>org.apache.activemq</groupId>
     <artifactId>activemq-all</artifactId>
     <version>5.11.2</version>
     <exclusions>
       <exclusion>
         <artifactId>spring-context</artifactId>
         <groupId>org.springframework</groupId>
       </exclusion>
       <exclusion>
         <groupId>org.apache.geronimo.specs</groupId>
```

```
            <artifactId>geronimo-jms_1.1_spec</artifactId>
          </exclusion>
        </exclusions>
    </dependency>
    <dependency>
        <groupId>javax.jms</groupId>
        <artifactId>javax.jms-api</artifactId>
        <version>2.0.1</version>
    </dependency>
    <!-- active mq end -->
```

依赖添加完成之后，需要在\src\main\resources 目录下创建 Active MQ 配置文件 spring-jms.xml，具体代码如下：

```
    <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
    <beans xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
          xmlns="http://www.springframework.org/schema/beans"
          xmlns:context="http://www.springframework.org/schema/context"
          xmlns:jms="http://www.springframework.org/schema/jms"
          xsi:schemaLocation="http://www.springframework.org/schema/beans
             http://www.springframework.org/schema/beans/spring-beans-4.0.xsd
             http://www.springframework.org/schema/context
             http://www.springframework.org/schema/context/
                                                   spring-context-4.0.xsd
              http://www.springframework.org/schema/jms
              http://www.springframework.org/schema/jms/
                                                   spring-jms-4.0.xsd">
        <bean id="connectionFactory"
              class="org.springframework.jms.connection.
                                                   CachingConnectionFactory">
          <description>JMS 连接工厂</description>
          <property name="targetConnectionFactory">
             <bean class="org.apache.activemq.spring.
                                               ActiveMQConnectionFactory">
                <property name="brokerURL" value="${activemq_url} " />
                <property name="userName" value="${activemq_username}" />
                <property name="password" value="${activemq_password}" />
             </bean>
          </property>
          <property name="sessionCacheSize" value="100" />
        </bean>
```

```
    <!-- Spring JmsTemplate 的消息生产者 start-->
    <bean id="jmsTemplate" class=
                          "org.springframework.jms.core.JmsTemplate">
        <description>队列模式模型</description>
        <constructor-arg ref="connectionFactory" />
        <property name="receiveTimeout" value="10000" />
        <!-- 如果为 True，则是 Topic；如果是 false 或者默认，则是 queue -->
        <property name="pubSubDomain" value="false" />
    </bean>

    <!-- 消息消费者 start-->
    <!-- 定义 Queue 监听器 -->
    <jms:listener-container destination-type="queue"
                        container-type="default" connection-factory=
                        "connectionFactory" acknowledge="auto">
    <!-- 可写多个监听器 -->
    <jms:listener destination="ay.queue.high.concurrency.praise"
                         ref= "moodConsumer" />
    </jms:listener-container>
    <!-- 消息消费者 end -->
</beans>
```

在配置文件 spring-jms.xml 中，首先定义了 ActiveMQ 的连接信息，然后定义了 JmsTemplate 工具类，该工具类是 Spring 框架提供的，利用 JmsTemplate 可以很方便地发送和接收消息。最后，我们定义消费者类 moodConsumer，同时消费者监听的是 ay.queue.high.concurrency.praise 这个 topic，当有生产者 Producer 往该队列推送消息时，消费者 Consumer 就可以监听到该消息，并做相应的逻辑处理。

在\src\main\resources 目录下创建配置文件 activemq.properties，具体代码如下：

```
### active mq 服务器地址
activemq_url=tcp://localhost:61616
### 服务器用户名
activemq_username=admin
### 服务器密码
activemq_password=admin
```

activemq.properties 属性文件主要配置 ActiveMQ 的连接信息，供 spring-jms.xml 配置文件使用。

spring-jms.xml 开发完成之后，在 applicationContext.xml 配置文件中使用<import>标签引入 spring-jms.xml 配置文件，具体代码如下：

```
<import resource="spring-jms.xml"/>
```

12.4.4　ActiveMQ 异步消费

上一节，已经在项目中集成了 ActiveMQ 消息中间件，同时开发了相关的配置文件，这一节主要利用 ActiveMQ 实现点赞功能的异步处理。具体步骤如下：

首先，在 src\main\java\com\ay\mq 目录下创建生产者类 MoodProducer，具体代码如下：

```
/**
 * 生产者 jmsTemplate
 * @author Ay
 * @date 2017/11/30
 */
@Component
public class MoodProducer {

    @Resource
    private JmsTemplate jmsTemplate;

private Logger log = Logger.getLogger(this.getClass());

    public void sendMessage(Destination destination, final MoodDTO mood) {
        //记录日志
        log.info("生产者--->>>用户 id: " + mood.getUserId() + " 给说说 id: " +
                                        mood.getId() + " 点赞");
        //mood 实体需要实现 Serializable 序列化接口
        jmsTemplate.convertAndSend(destination, mood);
    }
}
```

MoodProducer 类提供 sendMessage 方法用来发送消息，方法的第一个参数是 destination，主要用来指定队列的名称，第二个参数是 mood 说说实体。通过调用 jmsTemplate 工具类的 convertAndSend 方法发送消息。需要注意的是，MoodDTO 说说实体需要实现序列化接口 Serializable，具体代码如下：

```
/**
 * 描述：说说
 * Created by Ay on 2017/9/16.
 */
public class MoodDTO implements Serializable{
    //省略代码
}
```

其次，在 src\main\java\com\ay\mq 目录下创建消费者类 MoodConsumer。

```
/**
 * 消费者
 * @author Ay
 * @date   2017/11/30
 */
@Component
public class MoodConsumer implements MessageListener {

    private static final String PRAISE_HASH_KEY =
 "springmv.mybatis.boot.mood.id.list.key";

    private Logger log = Logger.getLogger(this.getClass());

    @Resource
    private RedisTemplate redisTemplate;

    public void onMessage(Message message) {
        try{
            //从 message 对象中获取说说实体
            MoodDTO moodDTO = (MoodDTO)((ActiveMQObjectMessage)
                                message).getObject();
            //1.存放到 set 中
            redisTemplate.opsForSet().add(PRAISE_HASH_KEY ,
                                moodDTO.getId());
            //2.存放到 set 中
            redisTemplate.opsForSet().add(moodDTO.getId(),
                                moodDTO.getUserId());
            log.info("消费者--->>>用户 id: " + mood.getUserId() + " 给说说 id:" +
                                 mood.getId() + " 点赞");
        }catch (Exception e){
            System.out.println(e);
        }
    }
}
```

消费者类 MoodConsumer 实现 MessageListener 接口，完成对消息的监听和接收。消息有两种接收方式：同步接收和异步接收。

- **同步接收**：主线程阻塞式等待下一个消息的到来，可以设置timeout，超时则返回null。
- **异步接收**：主线程设置MessageListener，然后继续做自己的事，子线程负责监听。

同步接收又称为阻塞式接收，异步接收又称为事件驱动的接收。同步接收，是在获取 MessageConsumer 实例之后，调用以下的 API：

- receive()　获取下一个消息。该调用将导致无限期的阻塞，直到有新的消息产生。
- receive(long timeout)　获取下一个消息。该调用可能导致一段时间的阻塞，直到超时或者有新的消息产生。超时则返回null。
- receiveNoWait()　获取下一个消息。这个调用不会导致阻塞，如果没有下一个消息，直接返回null。

异步接收，是在获取 MessageConsumer 实例之后，调用下面的 API：

- setMessageListener(MessageListener)　设置消息监听器。MessageListener是一个接口，只定义了一个方法，即onMessage(Message message)回调方法，当有新的消息产生时，该方法会被自动调用。

可见，为实现异步接收，只需要对 MessageListener 进行实现，然后设置为 Consumer 实例的 messageListener 即可。

最后，修改 MoodServiveImpl 类中的 praiseMoodForRedis()方法，将其改成异步处理方式，具体代码如下：

```
/**
 * 描述：说说服务类
 * @author Ay
 * @date 2018/1/6.
 */
@Service
public class MoodServiveImpl implements MoodService {

    @Resource
    private MoodProducer moodProducer;
       @Resource
    private RedisTemplate redisTemplate;

    //队列
    private static Destination destination =
new ActiveMQQueue("ay.queue.high.concurrency.praise");

    public boolean praiseMoodForRedis(String userId, String moodId) {
```

```
        //修改为异步处理方式
        MoodDTO moodDTO = new MoodDTO();
        moodDTO.setUserId(userId);
        moodDTO.setId(moodId);
        //发送消息
        moodProducer.sendMessage(destination, moodDTO);

//      //1.存放到 hashset 中
//      redisTemplate.opsForSet().add(PRAISE_HASH_KEY , moodId);
//      //2.存放到 set 中
//      redisTemplate.opsForSet().add(moodId,userId);
        return false;
    }
}
```

12.4.5 测试

代码开发完成之后，重新启动项目 springmvc-mybatis-book，在浏览器中输入请求 URL: http://localhost:8080/mood/findAll，给某条说说点赞，如果在控制台看到如图 12-26 和图 12-27 所示的信息，代表使用 MQ 异步消费开发成功。

```
DEBUG DispatcherServlet:979 - Last-Modified value for [/mood/
:1531660218776
 INFO MoodProducer:26 - 生产者--->>>用户id: 67 给说说id: 1 点赞
DEBUG JmsTemplate:502 - Executing callback on JMS Session: Ca
DEBUG JmsTemplate:606 - Sending created message: ActiveMQObje
DEBUG DefaultMessageListenerContainer:306 - Received message
```

图 12-26 生产者打印信息

```
DEBUG RedisConnectionUtils:125 - Opening RedisConnection
DEBUG RedisConnectionUtils:205 - Closing Redis Connection
 INFO MoodConsumer:36 - 消费者--->>>用户id: 77 给说说id: 1 点赞
DEBUG SqlSessionUtils:97 - Creating a new SqlSession
DEBUG SqlSessionUtils:148 - SqlSession [org.apache.ibatis.ses
DEBUG DataSourceUtils:114 - Fetching JDBC Connection from Dat
```

图 12-27 消费者打印信息

参 考 文 献

[1] https://baike.baidu.com/item/Intellij%20IDEA/9548353?fr=aladdin

[2] https://baike.baidu.com/item/tomcat/255751?fr=aladdin

[3] https://baike.baidu.com/item/Maven/6094909?fr=aladdin

[4] https://projects.spring.io/spring-framework/

[5] 汪云飞. Java EE 开发的颠覆者 Spring Boot 实战[M]. 北京：电子工业出版社，2016.

[6] 郝佳. Spring 源码深度解析[M]. 北京：人民邮电出版社，2013.

[7] 王富强. Spring Boot 揭秘：快速构建微服务体系[M]. 北京：机械工业出版社，2016.

[8] https://spring.io/guides

[9] https://baike.baidu.com/item/ApplicationContext/1129418

[10] https://baike.baidu.com/item/DispatcherServlet/12740507?fr=aladdin

[11] 刘伟.设计模式[M]. 北京：清华大学出版社，2011.

[12] 徐郡明.MyBatis 技术内幕[M]．北京：电子工业出版社，2017.

[13] 郝佳.Spring 源码深度解析[M]. 北京：人民邮电出版社，2013.

[14] http://www.mybatis.org/mybatis-3/

[15] https://baike.baidu.com/item/junit/1211849?fr=aladdin

[16] https://docs.spring.io/spring/docs/5.1.0.BUILD-SNAPSHOT/spring-framework-reference

[17] http://jcp.org/en/jsr/detail?id=303

[18] https://blog.csdn.net/java_jsp_ssh/article/details/78483331

[19] https://blog.csdn.net/luanlouis/article/details/41408341